



**Miguel Marques Raposo**

Licenciado em Ciências da Engenharia do Ambiente

## **O potencial das Infraestruturas Verdes Verticais na requalificação urbana. Caso de estudo Cidade de Lisboa**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia  
do Ambiente

Orientador: Mestre José Carlos Ferreira da Faculdade de  
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Coorientador: Dr. Duarte Tavares da Silva, da empresa  
TERRACELL

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Lia Maldonado Teles de Vasconcelos  
Arguente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues  
Vogal: Mestre José Carlos Ribeiro Ferreira



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro 2015**

# **O potencial das Infraestruturas Verdes Verticais na requalificação urbana – Caso de estudo Cidade de Lisboa**

Setembro de 2015

© Miguel Marques Raposo  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade Nova de Lisboa

*A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.*

Página em branco

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, o Professor Doutor José Carlos Ferreira,  
a todos os outros professores que contribuíram para a minha formação,  
ao meu coorientador, o Dr. Duarte Tavares da Silva, pelo apoio técnico,  
disponibilidade e ideias para o desenvolvimento do estudo,  
à minha família e amigos por todo o apoio,  
à minha Mãe e Avós por todo o esforço, apoio e motivação de sempre,  
à Teresa pela disponibilidade, companhia e paciência ao longo dos últimos anos.

Obrigado!

## RESUMO

As cidades cresceram de forma acelerada, sobretudo depois da Revolução Industrial do século XVIII, crescimento sem controlo, repercutindo-se num desajustado planeamento urbano, ambiental, humano, social e económico. De uma forma, as paisagens verdes e naturais, foram substituídas por densas manchas cinzentas de construção, criando afastamento crescente do Homem com a Natureza.

A crescente preocupação com a saúde ambiental nas cidades ocupa lugar de destaque em todo o mundo e vem acompanhada de uma incessante procura de novas soluções para minimizar esses problemas. No presente trabalho proponho refletir sobre a questão das abundantes paredes nuas, resultantes de uma verticalização intensa nas nossas cidades e as possibilidades de implementar os chamados jardins verticais à luz de vários exemplos internacionais.

Os Jardins Verticais poderão ter um papel fundamental revestindo de forma verde e natural as fachadas dos edifícios, numa tentativa de colmatar o afastamento entre ambos. Para além destes aspetos, os Jardins Verticais proporcionam inúmeras vantagens para o edifício, de que se destacam a eficiência energética e acústica, a proteção da estrutura do edificado ou a melhoria da qualidade do ar interior. Estes também importantes para a envolvente, como na redução do efeito ilha de calor, no aumento da biodiversidade, na melhoria da qualidade do ar exterior, mas sobretudo porque proporcionam ao Homem uma sensação de saúde e conforto, exclusivo da Natureza.

Tendo em conta o estado de degradação do edificado nas grandes cidades, e tomando como exemplo particular a cidade de Lisboa, o recurso aos Jardins Verticais poderá ser uma solução viável para a reabilitação urbana, mudando a imagem de degradação, propondo uma imagem mais “verde” e contribuindo para o nível de sustentabilidade.

Partindo deste pressuposto, propõe-se como aplicação do conhecimento adquirido no estudo desenvolvido e aqui apresentado, o recurso a Jardins Verticais como estratégia de requalificação de edifícios da cidade de Lisboa.

**Palavras – chave:** Ambiente; Jardim Vertical, Instrumentos de gestão dos Sistemas Ecológicos; Fluxos Ambientais; Zonas Urbanas; Planeamento Ambiental.

## Abstrat

Cities grew rapidly, especially after the Industrial Revolution of the eighteenth century, uncontrolled growth, reflecting up in inappropriate urban planning, environmental, human, social and economic. In a way, green and natural landscapes were replaced by dense gray spots of construction, creating widening gap between Man and Nature.

The growing concern for environmental health in cities is a major concern worldwide and is accompanied by a constant search for new solutions to minimize these problems. In this paper I propose to consider the issue of the abundant bare walls, resulting in an intense vertical integration in our cities and the possibilities to implement the so-called vertical gardens in the light of several international examples.

The Vertical gardens can play an important role coating of green and natural way the facades of buildings in an attempt to bridge the gap between both. Apart from this, the vertical gardens provide numerous benefits to the building, such as the following energy efficiency and acoustics, the protection of the structure of the building or improving indoor air quality. These also important for the environment, as in reducing the heat island effect, increased biodiversity, improving outdoor air quality, but above all because they provide the man a sense of health and comfort, exclusive of Nature.

Having regard to the built state of degradation in large cities, and taking as a particular example the city of Lisbon, the use of Vertical Gardens can be a viable solution for urban rehabilitation, changing the image degradation, proposing an image "greener "and contributing to the level of sustainability.

On this basis, it is proposed as an application of knowledge gained in the study developed and presented here, the use of Vertical Gardens as redevelopment strategy of buildings in Lisbon.

**Key - words:** Environment; Vertical Garden, Ecological Systems Management tools; Environmental flows; Urban areas; Environmental Planning.

# Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Âmbito.....	1
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Metodologia.....	2
2. Contextualização do tema.....	3
2.1. Evolução urbana e origem dos problemas ambientais da atualidade.....	3
2.2. O contributo dos espaços verdes urbanos na ecologia da cidade.....	4
2.2.1. Efeito de “ilha de calor” nas cidades.....	10
2.3. Sustentabilidade do edificado em Portugal e o contributo dos Jardins Verticais.....	12
2.3.1. Estado do edificado em Portugal.....	12
2.4. Origem e História dos Jardins Verticais.....	14
2.5. Hidroponia e a sua importância para o desenvolvimento dos Jardins Verticais.....	18
2.5.1. Evolução da prática da Hidroponia.....	18
2.5.2. Importância da hidroponia.....	19
2.5.3. Hidroponia aplicada aos Jardins Verticais e relação com Patrick Blanc.....	20
3. Jardins Verticais.....	22
3.1. O que são os jardins verticais.....	22
3.2. Tipos de Jardins Verticais.....	22
3.2.1. Fachadas Verdes.....	23
3.2.2. Paredes Vivas.....	27
3.3. Sistemas de Rega Utilizados nos Jardins Verticais.....	41
3.3.1. Sistemas de rega para Fachadas Verdes.....	42
3.3.2. Sistemas de rega para Paredes Vivas.....	42
3.4. Manutenção dos Jardins verticais.....	45
3.4.1. Fachadas Verdes.....	46
3.4.2. Paredes Vivas.....	47
3.5. Aspetos a ter em conta na seleção das plantas para os Jardins Verticais.....	47
3.5.1. Fatores que interferem na escolha das plantas.....	47
3.5.2. Escolha das plantas tendo em conta o tipo de Jardim Vertical.....	50
3.6. Vantagens e Desvantagens dos Jardins Verticais.....	57

3.7.	Política de Incentivo aos Jardins Verticais e lições para Portugal .....	63
4.	Casos de Referência .....	64
4.1.1.	A sua arquitetura.....	65
4.1.2.	Preocupações Energéticas e Ambientais .....	66
4.1.2.2.	Aposta nas Energias Renováveis .....	67
4.2.	2º Caso de referência: Green Box .....	72
4.2.1.	A sua arquitetura.....	72
4.2.2.	Preocupações energéticas e ambientais.....	75
4.2.3.	Jardim Vertical e seu contributo sustentável.....	76
4.3.	3º Caso de Referência: Museu Quai Branly .....	81
4.3.1.	Enquadramento Urbano do Quai Branly.....	82
4.3.2.	Estrutura Verde adotada na sua fachada Norte .....	83
5.	Caso de estudo Cidade de Lisboa .....	88
5.1.	Caraterização da cidade de Lisboa .....	88
5.1.1.	Estrutura Ecológica.....	88
5.2.	Exemplo de uma aplicação prática do Caso de Estudo: Bessa Hotel Avenida da Liberdade.....	95
5.2.1.	Caraterização e identificação do hotel.....	95
5.2.2.	Enquadramento urbano do hotel.....	96
5.2.3.	Estrutura Verde adotada .....	96
5.2.4.	Caraterísticas da parede viva .....	97
5.2.5.	Sistema de rega .....	99
5.2.6.	Manutenção .....	102
5.2.7.	Evolução e desempenho da Parede Viva .....	103
5.2.7.1.	Construção da Parede vida.....	103
5.2.7.2.	Evolução da Parede viva.....	106
5.2.7.3.	Desempenho da parede Viva .....	109
6.	Conclusão .....	111
7.	Referências bibliográficas .....	113



# Índice de Figuras

Figura 1- Variabilidade interanual da temperatura máxima e mínima anual em Portugal Continental (A tracejado valores médios no período 1971-2000) (fonte Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.) .....	11
Figura 2- Estimativa do número de Fogos e de População, por região, em 2009 (INE, 2010) .....	12
Figura 3 - Distribuição percentual dos edifícios por época de construção, em Portugal (INE, 2010) .....	13
Figura 4 – Representação dos jardins da Babilónia (Investigação e conhecimento , 2009) .....	14
Figura 5- TurfHouses na Islândia, que surgiram com o intuito de lutar contra as condições climáticas adversas. (Stefan, 2011).....	15
Figura 6 - Povoado Viking L’Anseaux Meadows (Lopes, 2014) .....	16
Figura 7 – Representação do crescimento das plantas num sistema de hidroponia. (VegaFlora, 2013) .....	19
Figura 8 – Tipos de fachadas verdes a) Auto apego; b) com dependência da parede; c) em caixa de substrato 1 nível d) em caixa de substrato 2 níveis .....	23
Figura 9 - Exemplo de planta que dispensa estruturas de suporte, sendo a rugosidade da parede suficiente para o seu desenvolvimento (Retirado de: Ottelé, 2011).....	24
Figura 10 - Sistema de malha aplicado na parede que servirá de suporte à planta (Retirado de: Carl Stahl , 2008) .....	25
Figura 11 - Crescimento das plantas através de um sistema de cabos em aço (Retirado de: Carl Stahl , 2008) .....	26
Figura 12 - Edifício Consórcio Sede em Santiago do Chile (Retirado de: <a href="http://www.plataformaarquitectura.cl">www.plataformaarquitectura.cl</a> ) .....	27
Figura 13 : Corte explicativo de uma Parede Viva Hidrópica (retirado de: Garrido, 2011) .....	29
Figura 14 - Fases construtivas de uma Parede Viva (Vialard, 2010) .....	30
Figura 15: Corte explicativo de uma Parede Viva de Substrato ligeiro. Retirado de: (Garrido, 2011).....	31
Figura 16: Corte explicativo de uma Parede Viva tipo Muro Cortina. (retirado de Garrido, 2011) .....	33
Figura 17- Sistema de Jardim Vertical VERTISS Compact e VERTISS Plus (TERRACELL , 2013) .....	35
Figura 18- Esquema explicativo do sistema Wallgreen, á base de suportes plásticos, onde se verifica ainda o seu sistema de rega com reutilização da água. (Wallgreen , sd) .....	36

Figura 19 - Esquema de montagem do sistema Fytowall em painéis de alumínio pré fabricados. (Retirado de: <a href="http://greenair.co.nz/green-walls/greenair-fytowall">http://greenair.co.nz/green-walls/greenair-fytowall</a> ) .....	37
Figura 20- Unidade de tijolo cerâmico Wall Green Ceramic e o seu sistema de rega incorporado e imagens de Jardins Verticais conseguidos com este sistema (Retirado de: D'Addezio, s.d.) .....	38
Figura 21: Sistema Jardim vertical TERRAWALLY .....	39
Figura 22- Esquema explicativo de um sistema de rega com aproveitamento de águas pluviais, onde estas são tratadas antes do processo: (retirado de: (GERHARDT & VALE, 2010) 41	41
Figura 23 - a) Ponto de goteje com regulação, para um melhor controlo da quantidade e frequência de água usada na rega. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008) b) Sistema de rega por gotejamento usado no sistema TERRAWALLY. (TERRACELL, 2015) .....	42
Figura 24- A água é libertada na parte superior da Parede Viva, onde por gravidade chega a todos os compartimentos. (Mir, 2011) .....	43
Figura 26- Tubo de abastecimento de rega escondido por de trás do feltro de plantação. (Vialard, 2010) .....	44
Figura 27- sistema de rega pouco vulgar e muito original, usado no edifício Harmonia 57 em São Paulo. (Barahona, 2009) .....	45
Figura 28 - Sugestão de apresentação de uma Parede Viva, onde é possível fazer interessantes composições, através das diferentes características das plantas. (Groult J. , 2008) 48	48
Figura 29- Diferentes estruturas implicam na escolha de diferentes espécies de plantas: a) sistema de Fachada Verde em painéis modulares obriga a uma planta trepadeira b) sistema de Parede Viva executada in situ obriga a plantas adaptáveis a condições de limitação de substrato. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008) 49	49
Figura 29- Concentração média de CO2 num parque de estacionamento (Stuttgart-Vaihingen) em parede com ou sem vegetação - adaptado (Ottelé, 2011) .....	58
Figura 30- alguns dos benefícios dos Jardins Verticais no contexto da cidade retirado de: Hopkins et al, 2010).....	59
Figura 31- Os jardins Verticais funcionam como barreira térmica para o edifício (Retirado de: Hopkins et al, 2010).....	61
Figura 32: Fachada com aplicação de vegetação - resultados através de uma câmara de infravermelhos a uma temperatura de 21°C. (Ottelé, 2011) .....	62
Figura 33 - As Natura Towers são o primeiro edifício de escritórios em Portugal com preocupações de sustentabilidade e emprego de vegetação nas suas fachadas (Retirado de: Natura Towers, 2011).....	64
Figura 34 - As fachadas modulares com forte exposição solar possuem pontualmente painéis fotovoltaicos(8 por piso), assim como vegetação à base de trepadeiras em sistemas de fachada verde, no interior da caixa de ar (Retirado de: Arruda, 2011) .....	67

Figura 35 - As fachadas verdes são uma constante de forma aleatória ao longo das fachadas das Natura Towers (Retirado de: Natura Towers) .....	68
Figura 36 - As paredes vivas são uma constante no envasamento das torres, mas sobretudo numa faixa central correspondente ao miolo da torre onde estão os acessos verticais, a toda a altura da fachada (Retirado de: Natura Towers, 2011) .....	69
Figura 37: Alguns dos prémios nacionais e internacionais na vertente da sustentabilidade conquistados pelas natura Towers (fonte: naturatowers.msf-turim.pt) .....	71
Figura 38- A Green Box é uma estrutura totalmente pré fabricada e com a possibilidade de facilmente se remover e mudar de lugar (Retirado de: Garrido, <a href="http://www.archilovers.com">www.archilovers.com</a> , 2009) .....	73
Figura 39 - Na Green box são diversos os elementos que contribuem para a sua sustentabilidade, desde a sua cavidade inferior, á sua cobertura ajardinada mas sobretudo a sua torre revestida por vegetação, tanto no interior como no exterior (Retirado de: <a href="http://www.archilovers.com">www.archilovers.com</a> , 2009) .....	74
Figura 40- Para além dos Jardins Verticais, destacam-se outros elementos sustentáveis no edifício, como os painéis solares e a forte exposição solara Sul (Retirado de: (Laylin, 2011)) .....	75
Figura 41 - Esquema do sistema de parede viva (Jardim Vertical com substrato ligeiro desmontável) usado na Green Box (Retirado de: Garrido, 2011):.....	77
Figura 44 - Corte do edifício onde se verificam as questões sustentáveis do edifício no Inverno. Destaque para a parede viva interior e exterior (Retirado de: Garrido, 2011) ....	79
Figura 45 - Corte do edifício onde se verificam as questões sustentáveis do edifício no Verão. Destaque para a parede viva interior e exterior (Retirado de: Garrido, 2011) .....	80
Figura 44 - O museu Quai Branly em Paris tornou-se uma imagem de marca na cidade, pela sua influente parede viva do botânico francês Patrick Blanc (Blanc, <a href="http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/">http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/</a> , 2012) .....	81
Figura 45- Quai Branly e a sua importante envolvente parisiense, onde se destaca a Torre Eiffel e o rio Sena, assinalados pelos vértices do triângulo a amarelo (Retirado de: <a href="https://www.google.t/maps">https://www.google.t/maps</a> , 2015) .....	82
Figura 46 - Numa primeira abordagem, parece que a imagem natural da parede viva do museu é capaz de surpreender, não deixando indiferente quem por ali passa (Retirado de: Blanc, 2012) .....	85
Figura 47 - Esteticamente foi conseguida harmonia entre a arquitetura e a vegetação, proporcionando-se ainda uma agradável sensação tropical no coração de Paris (Retirado de: Velazquez, 2011) .....	86
Figura 48 - Algumas plantas da parede encontram-se mortas, por causa de eventuais falhas no sistema de rega (Retirado de: Velazquez, 2011) .....	87
Figura 49 - Estrutura Ecológica de Lisboa (fonte PDM Lisboa, 2012).....	89
Figura 50- (A) Carência de espaços verdes nas áreas edificadas e (B) Densidade da população residente em Lisboa (segundo dados de CML, 2012b). .....	91

Figura 51 - Uso e ocupação do solo na zona metropolitana de Lisboa (fonte: estudo de geografia e planeamento regional, 2015).....	92
Figura 52 - Uso e ocupação do solo na zona histórica de Lisboa (fonte: Centro de estudos de geografia e planeamento regional, 2015 .....	93
Figura 53 – Jardim Vertical Bessa Hotel Liberdade 24 de Agosto 2015 (fonte: Terracell, 2015)	95
Figura 54 – Localização do Bessa Hotel Av. Da Liberdade (fonte: googlemaps, 2015).....	96
Figura 55 - Esquema de rega por sectores Bessa Hotel Liberdade (fonte: Terracell, 2015)	100
Figura 58 – Sistema de rega instalado no Bessa hotel Liberdade. (fonte: Terracell, 2015)	101
Figura 59 – Operação de manutenção Jardim Vertical Bessa Hotel (fonte: Terracell, 2015)	102
Figura 60 – Fase 1 e 3 da construção da parede viva do Bessa Hotel Av. Da Liberdade(Fevereiro de 2014).....	104
Figura 61 - Fase 4 da construção da parede viva do Bessa Hotel Av. Da Liberdade(Março de 2014)	105
Figura 62 - Jardim Vertical Bessa Hotel Av. Da Liberdade - Janeiro de 2015 .....	106
Figura 63 - Jardim Vertical Bessa Hotel Av. Da Liberdade - Abril de 2015 .....	107
Figura 64 - Jardim Vertical Bessa Hotel Av. Da Liberdade – Agosto de 2015.....	108
Figura 65 – Evolução de consumos hídricos da parede viva do Bessa Hotel Av. Da liberdade	110

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Principais Conferências/Tratados Ambientais. Adaptado (United Nations Conference on Sustainable Development, 2015) .....	5
Tabela 2 - Importância das plantas e dos espaços verdes nas zonas urbanas. Adaptado de (Farr, 2013) .....	8
Tabela 3 – Tabela síntese dos tipos de Jardins Verticais (Tabela pelo autor) .....	40
Tabela 4 - Causas e eventuais consequências da falta de manutenção das Fachadas Verdes (Adotado de: Irwin, 2010; Mir, 2011; Ottelé, 2011; Perini, Ottelé, Haas, & Raiteri, 2011) .....	46
Tabela 5 -Tabela de plantas comuns e adequadas para a realização de Paredes Vivas (Groult J. M., 2008) (Mir, 2011).....	51
Tabela 6 - Tabela de plantas comuns e adequadas para a realização de Paredes Vivas (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008) (Mir, 2011).....	54
Tabela 7 - Benefícios para a envolvente de acordo com o tipo de Jardim Vertical (Adaptado de: (GERHARDT & VALE, 2010).....	57
Tabela 8: Benefícios públicos do uso de Jardins Verticais adaptado de (Ottelé, 2011).....	58
Tabela 9: Benefícios privados do uso de Jardins Verticais adaptado de (Ottelé, et al, 2001) .....	60
Tabela 10- Economia de energia (calculada com Termo de software informático) para poupança energética no aquecimento; descida da temperatura e poupança energética no arrefecimento para clima Mediterrânico ou Temperado (Perini, 2011) .....	61
Tabela 11- Dados do promotor dos edifícios relativamente á poupanças energéticas anuais (Retirado de: Natura Towers) .....	65
Tabela 12 - População servida pelos diversos tipos de espaços verdes Fonte: (Souto Cruz, et al, 2012).....	94
Tabela 13 - Lista das principais espécies que compõem o Jardim Vertical do Bessa Hotel Liberdade (fonte: Terracell, 2015).....	98

# Capítulo I

---

## 1. Introdução

### 1.1. Âmbito

A presente dissertação é parte integrante do Trabalho Final de Mestrado Integrado em engenharia do ambiente e tem como tema: “ O potencial das infraestruturas verdes verticais na requalificação urbana – Caso de estudo Cidade de Lisboa”.

A escolha deste tema surge do meu interesse pelas questões de sustentabilidade urbana e do edificado, pelo que os jardins verticais podem ter um contributo significativo.

A aplicação de jardins nas fachadas dos edifícios é um contributo para a sustentabilidade do mesmo, nomeadamente no que respeita a gastos excessivos de matéria-prima e energia entre outros. Contribuem ainda para o aumento das áreas ajardinadas das cidades tendo em conta o crescimento dos aglomerados urbanos onde os espaços vegetais vão sendo substituídos por pavimentos de asfalto ou outros. (Pinho & Lopes, 2007)

O fato de as cidades terem evoluído ao longo do tempo propiciou a necessidade de criar vegetação. As alamedas com árvores de um lado e do outro surgem no século XVIII, enquanto que na Idade Média havia uma ou duas árvores nos largos e praças. (Pinho & Lopes, 2007)

As cidades têm tido uma evolução ao longo dos tempos e esta, está relacionada, particularmente, com o conceito de espaço verde urbano que tem sofrido mudanças ao longo da história. Os espaços verdes, até ao século XIX, eram zonas de estar e de recreio. Estes eram maioritariamente espaços privados que, casualmente seriam abertos ao público e que foram projetados não só com um objetivo social, mas também de valorização imobiliária (Castelo-Branco & Soares, 2007).

Encontrando-se a sociedade em pleno século XXI, depara-se diariamente com questões de assuntos ecológicos, seus problemas, causas e consequências. São os denominados problemas ambientais, originados pelos maus hábitos humanos, no que diz respeito ao elevado consumo, de energia, entre outros. As áreas verdes urbanas assumem um papel de destaque para a manutenção e melhoria da qualidade do ambiente urbano, principalmente nas cidades onde o processo de urbanização se deu de forma acelerada e o planeamento foi feito de forma inadequada, o que conduz a um empobrecimento e a uma degradação ambiental do espaço urbano.

De forma a inverter este problema, os Jardins Verticais serão uma forma de tornar as áreas construídas mais rentáveis, naturais e visualmente agradáveis, minimizando o efeito da poluição do ambiente urbano, devolvendo a natureza à cidade. (Mir, 2011)

## 1.2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo de aprofundar o conhecimento pelo tema dos Jardins Verticais. Pretende-se sistematizar conceitos, diferentes formas de aplicação, sistemas de rega, tipos de plantas, assim como manutenção exigida para a sua sobrevivência, para uma possível aplicação como solução para a requalificação do edificado da cidade de Lisboa.

## 1.3. Metodologia

Numa fase inicial começa-se por reunir informação relativa aos Jardins Verticais, de diversas fontes, desde livros, publicações, dissertações, artigos ou “sites” da internet, numa tentativa de reunir dados que demonstrem o estado da arte relativamente a este tipo de estrutura de modo a ajudar à sua perceção e que demonstrem o seu papel na reabilitação do edificado assim como as melhorias ambientais para a envolvente.

No capítulo II faz-se uma contextualização desde a origem dos Jardins Verticais em aplicações pelos Romanos em 600 a.C. nos jardins suspensos da Babilónia até a atualidade. Refere-se ainda a falta de espaços verdes nos centros urbanos, o desequilíbrio ecológico e as alterações climáticas, sendo também referidas necessidades de adoção de medidas ao seu combate. É também feita uma abordagem ao que se passa em países como Alemanha, Holanda ou Austrália, que atribuem vantagens fiscais ou outras de forma a promover o uso de Jardins Verticais.

No capítulo III explora-se e aprofunda-se o tema. Explica-se o que são os Jardins Verticais, faz-se a sua classificação enquanto “Fachada Verde” ou “Parede Viva”, onde e como deverão ser aplicados, técnicas utilizadas, os benefícios e desvantagens, os tipos de plantas mais adequadas a cada sistema e cada situação climática, sistemas de rega e manutenção, segundo teorias e experiências de técnicos de reconhecido mérito como Patrick Blanc, Luís de Garrido e Jean Nouvel.

No capítulo IV analisam-se três casos de referência, as Natura Towers em Lisboa, a Green Box de Luís de Garrido em Barcelona e o Museu Quai Branly em Paris. Reflete-se sobre as suas vantagens ou desvantagens, e sempre que possível com bases adquiridas nos resultados das medições técnicas, considerando-se como boas práticas do uso de Jardins Verticais.

No capítulo V aborda-se a estrutura ecológica secundária de Lisboa bem como o estado do edificado da cidade e a oportunidade para a aplicação de Infraestruturas Verdes Verticais tanto ao nível da melhoria do sistema de unidade verde estruturante da cidade como da requalificação do edificado. Faz-se, também, a análise a uma aplicação prática no Bessa Hotel Av. Da Liberdade, em Lisboa como exemplo de intervenção para a reabilitação do edificado na zona histórica de Lisboa bem como uma possível solução para a melhoria da estrutura ecológica secundária da cidade nesta zona.

# Capítulo II

---

## 2. Contextualização do tema

Como forma de contextualização do tema referente aos jardins verticais é importante conhecer a evolução dos aglomerados urbanos até ao seu estado atual. Expõe-se ainda as questões ecológicas e a crescente consciencialização do Homem face aos problemas ambientais e tentativa de os solucionar.

### 2.1. Evolução urbana e origem dos problemas ambientais da atualidade

Atualmente o homem é um ser urbano, grande parte da população mundial habita em cidades. Há cerca de 5500 anos as primeiras civilizações já se organizavam e habitavam pequenos centros urbanos. Entretanto, a intensa urbanização da humanidade só começou no tempo moderno entre os séculos XVIII e XIX, quando a indústria se fixou nas cidades exigindo muita mão-de-obra, ao longo do tempo verificou-se uma crescente migração do campo para a cidade, desenvolvendo assim o processo urbano e as cidades que hoje conhecemos. (Castelo-Branco & Soares, 2007)

Os seres humanos têm como principal, senão única, vantagem adaptativa a sua capacidade de reconhecerem o seu ambiente e de, através do seu imaginário intervirem nele de modo a potenciar as funções que os beneficiam e a contrariar aquelas que os prejudicam. (Freitas, 2011)

Ao longo dos milénios esta capacidade de gerir o ambiente tomou muitas formas, desde a domesticação de plantas e animais, a irrigação, a construção de abrigos até às profundíssimas alterações que hoje observamos na Terra. (Freitas, 2011)

Esta gestão foi, contudo, sempre condicionada pela quantidade de trabalho e energia disponível. Essa limitação determinou que a maior parte dessas intervenções se caracterizasse mais pela orientação das funções e processos naturais, mais do que pela sua substituição por sistemas exteriores artificiais. A vantagem desta forma de intervenção era a de que, ao trabalhar com os Sistemas Naturais e não contra eles, se obtinham resultados idênticos com muito menores custos de manutenção e com crescente eficácia. A crescente disponibilidade de energia e de tecnologias determinou uma alteração a esta prática, tendendo para que a produção de bens e serviços e utilização dos recursos naturais fosse crescentemente menos eficiente e mais penalizadora para os sistemas naturais, originando uma situação em nos arriscamos a comprometer os mesmos e a sua capacidade de suportarem as nossas sociedades. (Freitas, 2011)



O desafio que se coloca hoje às sociedades humanas e às ciências e tecnologias é o de desenvolver sistemas de uso e valorização dos recursos naturais e humanos que garantam a resolução dessas crescentes tensões de modo a garantir as condições para que se garanta o progresso das condições de saúde e bem-estar da humanidade dentro do respeito da capacidade do meio de o suportar. (Freitas, 2011)

É neste contexto que importa desenvolver instrumentos de gestão dos Sistemas Ecológicos em que se assumem os mesmos como objeto de criação quer no sentido da construção de “habitats” mais eficazes e funcionais para as atividades humanas, quer para a restauração, recuperação ou substituição de ecossistemas perturbados ou comprometidos por essas atividades humanas. (Freitas, 2011)

## **2.2. O contributo dos espaços verdes urbanos na ecologia da cidade**

O termo ecologia foi empregue pela primeira vez por Ernest Haeckel em 1866, na sua obra “Generelle Morphologie der Organismen”. Consiste numa palavra composta por duas palavras gregas, “Oikós” que significa casa e “logos” que significa estudo, podendo-se dizer que ecologia é a ciência do habitat. É ainda a ciência que estuda as condições existenciais dos seres vivos e suas interações, de qualquer natureza e existentes entre esses seres vivos e o seu meio. (Cassini, 2005)

O Homem é considerado um dos principais agentes responsáveis pelo desequilíbrio ecológico do nosso planeta, através das suas atividades insustentáveis, originando poluição atmosférica, poluição dos rios e lagos, poluição dos mares e oceanos, destruição das florestas, entre outros. Estas agressões à Natureza acabam por se repercutir no aquecimento global, redução da camada de ozono, entre outros problemas ambientais. (Cassini, 2005)

Desde a referência de Haeckel em 1866 até aos dias de hoje, as teorias ecológicas têm contribuído para uma melhor consciência ecológica em termos globais. A atenção dada à ecologia e sustentabilidade tem-se desenvolvido das mais diferentes formas, depois de determinados acontecimentos na história como a primeira grande crise energética de 1973, segunda em 1979, ou a descoberta da existência do buraco no ozono em 1985. (Vivienne Brophy, 2011)

À medida que a consciência do Homem foi mudando, surgiram uma série de medidas, sobretudo discutidas e acordadas em encontros das mais diversas nações. Destaca-se das primeiras a Conferência de Estocolmo em 1972 (UNCHE-1972), onde se encontraram representantes de 113 países das Nações Unidas entre outras não-governamentais. Ficou conhecido como a 1ª Conferência das Nações Unidas, com o objetivo de discutir o estado ambiental do planeta, assim como acordar medidas ambientais. No seguimento desta, em 1987 foi concluído o relatório de Brundtland, o mesmo seria peça fundamental para o

entendimento do atual estado ambiental do mundo. Em 1992, 20 anos após a 1ª Conferência Mundial, realizou-se a 2ª, na cidade do Rio de Janeiro que já previa a sua repetição de 10 em 10 anos, como aconteceu Junho de 2012 na mesma cidade conhecida por Rio+20.

Das mais diversas conferências e tratados ambientais realizados na história recente e analisados de uma forma mais completa na próxima tabela, destaca-se ainda a Carta de Aalborg realizada na cidade dinamarquesa com o mesmo nome, da qual saiu uma série de compromissos das mais diversas nações para com o ambiente. Ficou ainda acordado a sua repetição após 10 anos no mesmo local.

**Tabela 1 - Principais Conferências/Tratados Ambientais. Adaptado (United Nations Conference on Sustainable Development, 2015)**

Designação	Caraterísticas
UNCHE (1972)	Realizou-se em Estocolmo, capital da Suécia, a 1ª conferência das Nações Unidas sobre o ambiente humano, denominada por UNCHE. Estiveram presentes representantes de 113 países, bem como representantes de outras organizações não-governamentais e outras agências especializadas. Aqui se reconheceu que deveria haver uma cooperação internacional intensa, a fim de reduzir o impacto humano sobre o meio ambiente, lançando-se o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que integra medidas ambientais.
Relatório de Brundtland (1987)	Aqui também a sustentabilidade e ambiente foram tema de debate quase pela primeira vez. A frase patente era: "suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas". Dela saíram pesquisas e estudos por todo o planeta, o que resultou em tópicos relevantes para uma construção sustentável nos parâmetros vigentes quanto às questões ambientais.
Eco-92 (1992)	Considerada a segunda Conferencia Mundial para o meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida por Eco-92, na cidade do Rio de Janeiro. Nesta foi possível unir o conceito de sustentabilidade ao desenvolvimento. Nela programou-se a Agenda 21 Local que continha plana para o desenvolvimento sustentável.
Tratado de Maastricht (1992)	Este tratado, assinado em Maastricht, na Holanda, constituiu uma revisão do Tratado CE. Instituiu a política comunitária do ambiente, assim como o estabelecimento de linhas base para uma política que tem como missão para a Comunidade Europeia a promoção de um desenvolvimento harmonioso e equilibrado das atividades humanas, assim como um crescimento sustentável e não inflacionista, respeitador do ambiente.
Conferência internacional de Aalborg (1994)	Ocorreu na cidade dinamarquesa com o mesmo nome, constituindo a 4ª Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis, sob o tema "Inspirado no Futuro – Aalborg + 10". Desta resultaram os chamados "Compromissos de Aalborg", tornando-se numa ferramenta útil às autoridades locais que decidem enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável e que chamam a si a responsabilidade de assegurar no seu território esse desenvolvimento. Esta deu início à Campanha Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis com a finalidade de encorajar e apoiar as autoridades locais a trabalharem para a sustentabilidade através da Agenda 21 Local. Aqui ficou ainda o compromisso de repetir a conferência passados 10 anos como acontecera em 2004 na mesma cidade.

Designação	Caraterísticas
2ª Conferência internacional de Lisboa (1996)	Ocorreu em Lisboa, em 1996 a 2ª Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis, onde resultou o “Plano de Ação de Lisboa: da Carta à Ação”. Este reforça os princípios e orientações da Carta de Aalborg, concretizando-os numa estratégia para a ação através de medidas conciliadoras de uma visão para o território sustentável.
Protocolo de Quioto (1997)	Consiste num protocolo adotado pela Convenção Quadro das Nações Unidas e visa o combate às alterações climáticas, que estabelece limites legalmente vinculativos para as emissões de gases com efeito de estufa, no quadro do qual a União Europeia se obriga, solidariamente, a reduzir em 8% as emissões desses gases, no período de cumprimento entre 2008 a 2012, relativamente às emissões verificadas em 1990.
3ª Conferência internacional de Hannover (2000)	Decorridos quatro anos após a 2ª conferência que decorrera em Lisboa, teve lugar em Hannover a 3ª Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis onde se apelou à governação visionária dos líderes de forma a enfrentarem os desafios do novo século e à maior participação das comunidades. Declaração de Hannover dos Presidentes de Municípios Europeus “Na Viragem para o Século XXI”.
Cimeira Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (CMDS) em Joanesburgo (2002)	Daqui surgiu um plano de ação e um vasto número de acordos de parceria, alguns dos quais relacionados com o desenvolvimento sustentável e consequentes melhorias do ambiente para países desenvolvidos e em desenvolvimento. Aprovou ainda o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), dedicado às causas ambientais.
Carta de Aalborg (2004)	Como previsto e passados 10 anos, surgiu da Campanha Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis (CECVS), numa Conferência Europeia realizada em 2004 na cidade Dinamarquesa de Aalborg. Dela saiu um numa perspectiva futura de melhor saúde ambiental documento base denominado por “Carta de Aalborg”. Tem como objetivos múltiplos assuntos, nomeadamente as ameaças dos riscos naturais e humanos, onde se pretende assegurar uma proteção efetiva do ambiente, assim como reduzir a nossa pegada ecológica.
5ª Conferência Internacional de Sevilha (2007)	Consistiu no mandato mais recente para a adoção urgente de políticas e ações locais que visassem o desenvolvimento sustentável e compromissos de Aalborg. Resultou na 5ª Conferência Europeia de Cidades e Vilas Sustentáveis.
Conferência Internacional de Dunquerque (2010)	A 6ª Conferência Europeia sobre Cidades e Vilas Sustentáveis realizou-se no mês de Maio na cidade de Dunquerque, em França. O encontro teve como base mais uma vez a exploração de tema do climáticos e como isto pode ser realizado no presente contexto de crises económicas.
Rio + 20 (2012)	Recentemente, de 13 a 22 de Junho de 2012, realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, marcando os 20 anos de realização da mesma, desde a primeira em 1992 conhecida por Rio-92. O seu objetivo foi a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável, por meio da avaliação do progresso e suas lacunas, relativamente às decisões adotadas nas anteriores Conferências. Os principais assuntos tratados foram a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, para além da estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento económico da sociedade, aliado ao rápido crescimento das cidades, indústrias e meios de comunicação, tornaram-se num grande fator produtivo de poluição. O número de pessoas a viver nas cidades continuará a aumentar significativamente. Por exemplo, a Índia será detentora do maior número de pessoas a viver nas suas cidades, com

números na ordem dos 500 milhões enquanto que no caso de Portugal aumentará cerca de meio milhão até 2025. (Aragão, 2011)

Também a construção rapidamente se assumiu como transformadora do território e criadora de resíduos poluentes. As operações relacionadas com a construção, ou demolição de edifícios, causam frequentemente degradação ambiental, consumindo recursos naturais em excesso e gerando resíduos. Os edifícios e suas áreas de circulação envolvente utilizam materiais não renováveis que por sua vez aumentam o consumo energético, aumentam as superfícies impermeáveis, assim como contribuem para a diminuição das áreas de espaços verdes, que por sua vez são fundamentais para a qualidade de vida da humanidade. (Nascimento, 2012)

Deve-se agir de forma urgente a fim de solucionar estes problemas. A sociedade e o poder público dever-se-ão mentalizar para a gravidade dos problemas ambientais causados pela sociedade através do planeamento urbano e que a solução para os mesmos passará pela aposta em mais e melhores espaços vegetais nos edifícios e nas cidades.

Os espaços verdes das cidades, muitas vezes ameaçados pelas áreas construídas, desempenham um papel fundamental na qualidade de vida do meio urbano. O ser humano tem necessidade de estar em contato com cenários naturais, sendo as plantas, meios de libertação de oxigénio para a atmosfera, diminuindo o dióxido de carbono, sendo este papel crucial na melhoria da qualidade do ar. As mesmas evitam ainda a erosão, melhoram o clima, aumentam a biodiversidade, proporcionam alimento e refúgio a muitas espécies animais, assim como outros. (Lynch, 2012)

Com o reconhecimento dos espaços verdes urbanos como parte integrante da cidade é fundamental para os decisores identificarem e compreenderem as interações, as funções e os benefícios que ocorrem e provêm destes espaços. No entanto, as suas funções são múltiplas, e dependem da sua localização na cidade e da sua relação com o espaço edificado.

Nesta perspetiva surge a definição de infraestrutura ecológica como principal meio de suporte aos processos ambientais de uma cidade:

*A “Infraestrutura verde” é definida por uma rede de áreas naturais e áreas abertas (open spaces) fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para a preservação dos ecossistemas naturais, da vida selvagem, para a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida dos cidadãos.*

*Uma Infraestrutura verde consiste numa rede ecológica que engloba as componentes ambientais, sociais e económicas, ou seja, uma rede para o suporte da vida. Bennedit e McMahon (2006) (Freira, 2012)*

Os espaços verdes no meio urbano, para além de desempenharem a função de suporte dos recursos naturais (Alves, 2010), por estarem inseridos no âmago de sociedades urbanas, desempenham também outras funções de igual relevância, as quais geram benefícios determinantes para o desenvolvimento urbano sustentável. No entanto, ainda que os benefícios produzidos pelos espaços verdes urbanos sejam de conhecimento geral, o planeamento urbano atual continua muitas das vezes a descurar a sua importância. Na

literatura, os espaços verdes urbanos já têm sido equacionados de várias formas e agrupados de acordo com as funções que desempenham em três domínios: ambiental, económica e social.

**Tabela 2 - Importância das plantas e dos espaços verdes nas zonas urbanas. (Adaptado de (Farr, 2013))**

<b>Benefício da vegetação no espaço urbano</b>	<b>Descrição</b>
<b>Fixação do solo</b>	O sistema radicular das plantas desenvolve-se lentamente e ao crescer, as raízes exercem pressão contra o solo fixando-o. Com suas variadas formas e seus inúmeros padrões de distribuição as raízes formam uma rede viva que fixa o solo, o que evita deslizos e avalanches de solo em terrenos com declives pronunciados.
<b>Proteção superficial do solo aos agentes erosivos</b>	Os ramos e superfícies das folhas são flexíveis pelo que amortecem o golpe da chuva, possibilitando que deslize suavemente até chegar ao solo. Ao amortecer o impacto da chuva diminui-se a erosão e protege-se o solo superficial.
<b>Sombreamento</b>	As árvores e arbustos, principalmente os de grande porte, tem uma copa desenhada para catar a luz solar e ao estenderem-se sombreiam o solo, causando conforto térmico nos dias de maior intensidade solar, protegendo a fauna, a flora inferior, o Homem e os seus bens.
<b>Diminuem a velocidade do vento</b>	A vegetação funciona como barreira retirando velocidade ao vento e às intempéries, dissipando a sua força atuando, assim como um agente dissipativo da erosão.
<b>Filtram os ventos</b>	As partes aéreas das plantas estão desenhadas para que o ar passe através delas filtrando esporos, pólen, pó, cinzas, húmus e outras impurezas que o vento arrasta.
<b>Reduzem o efeito do ruído</b>	O tecido vegetal amortece o impacto das ondas sonoras em ruas, parques e zonas industriais. Quando plantadas em grupos, alinhadas ou em cortinas de árvores, diminuem o ruído entre 6 a 10 decibéis.
<b>Sumidouros de CO<sub>2</sub></b>	Através da fotossíntese, as folhas catam o dióxido de carbono da atmosfera e libertam oxigénio puro (na sua etapa diurna), enriquecendo e limpando o ar que respiramos.
<b>Valorizam a paisagem</b>	Uma casa com jardim torna-se mais atrativa. Bons desenhos de áreas verdes, ordenados e planeados, plantas tratadas apropriadamente, aumentam o valor das propriedades. Plantas cultivadas como barreiras podem fornecer privacidade ao espaço e segurança à propriedade.
<b>Poupam energia</b>	As árvores bem plantadas ao redor da casa filtram o ar quente e refrescam-no ao cruzar a sua copa, sombreiam paredes, pátios, telhados e janelas, baixando os custos do ar condicionado quando o clima é quente. Se o clima é frio, os ramos, que estão cheios de ar, geram uma capa térmica em volta das construções, aumentando assim alguns graus.
<b>Regulam o clima</b>	A nível global os bosques reduzem o aquecimento da atmosfera e regulam o clima da terra. Nas cidades a perda de espaços verdes eleva as temperaturas e a evaporação do solo e altera a pressão atmosférica desorganizando o clima envolvente. A falta de espaços verdes suficiente nas cidades faz com que as vagas de calor sejam mais severas. As temperaturas nas ruas da cidade na Primavera e Verão, podem ter em média cerca de 3º C mais que os parques e jardins da cidade.

<b>Benefício da vegetação no espaço urbano</b>	<b>Descrição</b>
<b>Melhoria da qualidade de vida</b>	Os espaços verdes devem estar disponíveis para todos os residentes urbanos sem discriminação de nenhum tipo. A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda 9 m <sup>2</sup> de espaço verde por habitante.
<b>Minimizam os impactos das urbanizações</b>	Os espaços verdes têm uma correlação direta com os benefícios ambientais para os cidadãos, proporcionam equilíbrio entre o natural e o artificial, proporcionando ecossistemas urbanos equilibrados.
<b>Recreação física e mental</b>	Na maioria das cidades, os espaços verdes são os principais locais de recreio, pelo que devem estar a uma distância acessível e ter atrativos adequados segundo a idade, capacidades e interesses dos utentes
<b>Valor educativo</b>	Há várias formas dos espaços verdes contribuírem para a educação, por exemplo: sendo jardins botânicos ou zoológicos, locais com relíquias de vegetação nativa, etc. Desfrutar e cuidar dos parques e das áreas verdes, proporciona oportunidades educacionais para aprender sobre o ambiente e os processos naturais, assim como sensibilizar sobre a importância das plantas no nosso planeta.
<b>Saúde</b>	É difícil quantificar os benefícios na saúde, alguns são evidentes como a diminuição das enfermidades respiratórias, devido às melhorias na qualidade do ar. Há investigações onde foi demonstrado que os pacientes que convalescem em Hospitais, se recuperam mais rapidamente quando estão em quartos com vistas para árvores e cenários de ar livre. Talvez menos evidente, mas também comparável é o fato que reduzem o stress, melhoram a saúde mental e física e aumentam a produtividade no trabalho, ao contribuírem com um ambiente esteticamente prazeroso e relaxante.
<b>Emprego</b>	A existência de áreas verdes, assim como os novos projetos, promovem uma série de atividades, algumas temporais e outras permanentes, como preparação do espaço, tratamento, manutenção, plantação, entre outros. Que são fontes de emprego.
<b>Identidade</b>	Tomar em conta os aspetos sócio/culturais é fundamental para um bom planeamento das áreas verdes. Estas ligam o clima e o ambiente com a realidade social e cultural das pessoas que vivem e convivem com elas; são reflexo da gente que os habita e são parte da forma em que os habitantes percebem e sentem o seu bairro e a sua cidade.

Conhecidas as vantagens da vegetação para a qualidade de vida do cidadão urbano, dever-se-á refletir na possibilidade de aumentar as áreas verdes urbanas. Uma vez escasso o solo urbano, o ajardinamento das fachadas do edificado assume-se como uma solução viável, propondo para o dia-a-dia do Homem uma relação de proximidade física e visual com a Natureza.

### 2.2.1. Efeito de “ilha de calor” nas cidades

O mau comportamento do Homem para com a Natureza ao longo da História, em particular com a destruição das zonas verdes, tem contribuído para as alterações climáticas, que atualmente são sentidas no nosso planeta. Com início há mais de 4 000 milhões de anos, desde cedo houve ciclos de glaciação, nos quais épocas glaciares com formação de extensas camadas de gelo alternavam com as épocas interglaciárias, nas quais a temperatura mais elevada provocou a fusão dos gelos. A última época glacial teve início há 120 000 anos e terminou há cerca de 20 000 anos. Durante esse período, a temperatura média do planeta variava entre 5°C e 7°C, menor que a atual. A temperatura média global da atmosfera à superfície aumentou significativamente durante o século XX, sobretudo provocada por causas antropogénicas. As previsões apontam para um aumento da temperatura média global entre 1,4°C e 5,8°C durante o presente século. (Santos, 2002)

O crescimento das nossas cidades como consequência para a diminuição dos espaços verdes, em muito estão na origem destes fatos. Segundo o Instituto de Meteorologia, em 2011, Portugal obteve uma temperatura média anual de 16°C, tendo sido o 6º mais quente dos últimos 80 anos. Relativamente à temperatura máxima anual, o valor também apresentou altas subidas, sendo o mais elevado desde 1931 com um valor de 21,76°C, como se pode verificar na figura 1. É ainda de salientar que nos últimos 18 anos, a temperatura média anual tem subido sempre, com a exceção para o ano de 2008. Também no ano de 2011 ocorreram, 5 ondas de calor, tendo-se verificado nos meses com maiores anomalias positivas da temperatura máxima, uma no mês de Abril, duas em Maio e outras duas em Outubro.

Atualmente o crescimento das cidades industrializadas e seu consequente aumento da poluição nas zonas urbanizadas, aliado à transformação do território por parte do Homem, fazem com que cada vez mais se assista a variações drásticas de temperatura e precipitação. Estes episódios têm repercussões danosas no ecossistema e consequentemente na saúde pública.

A impermeabilização dos solos originada pela construção do edificado, das vias de circulação e lazer não vegetais, originam um aumento de superfícies refletoras. Estas superfícies quando expostas ao sol, tais como coberturas, paredes ou pavimentos, originam o aumento da temperatura local. Este efeito é sentido sobretudo em dias quentes de Verão, onde as superfícies urbanas expostas ao sol, podem atingir temperaturas cerca de 27 a 50°C acima da temperatura do ar. Assim sendo, a temperatura média anual de uma cidade com 1 milhão de pessoas ou mais, pode ser 1 a 3°C superior aos seus arredores rurais. (Aragão, 2011)

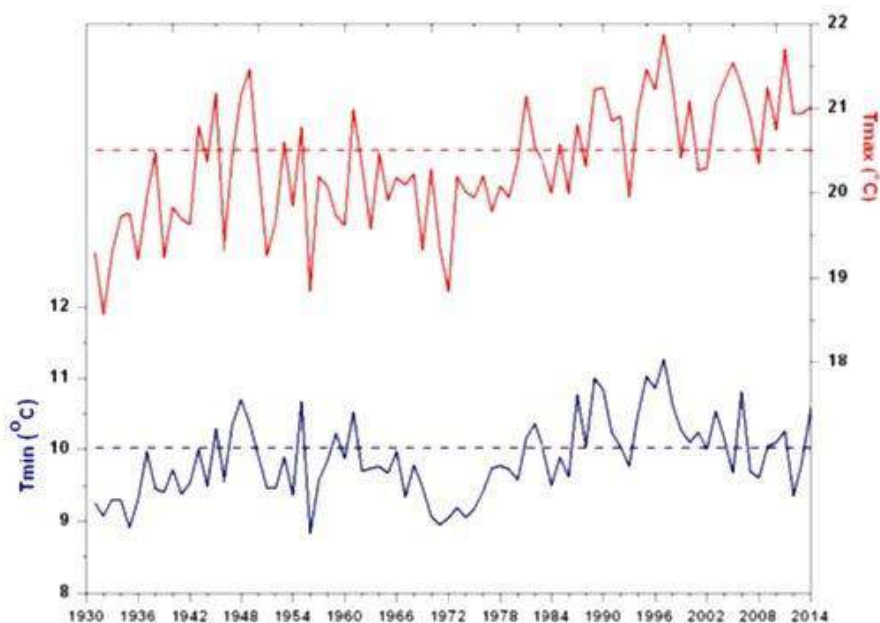


Figura 1- Variabilidade interanual da temperatura máxima e mínima anual em Portugal Continental (A tracejado valores médios no período 1971-2000) (fonte Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.)

As alterações climáticas em muito associadas à escassez de vegetação, nomeadamente a subida média das temperaturas e o aumento de fenómenos climáticos extremos, trazem consequências para a saúde pública. (Aragão, 2011)

Atualmente tem-se vindo a dar particular ênfase à proteção da saúde no que diz respeito aos efeitos resultantes das alterações climáticas. Tendo em conta a localização geográfica e a inexistência de uma envolvente “verde”, Portugal é um dos países europeus mais vulneráveis às alterações climáticas e aos fenómenos climáticos extremos.

No ano de 2003 verificou-se uma rigorosa onda de calor, tendo-se prolongado em algumas zonas do país por mais de 2 semanas. A mesma ficou associada a um excesso de mortalidade de 1953 óbitos. Mais atualmente no verão de 2009, ocorreram 5 ondas de calor as quais terão provocado 966 óbitos. (MinistériodaSaúde, 2011)

A ocorrência de alterações de frequência e intensidade dos fenómenos climáticos extremos constituem graves consequências para a saúde humana, associadas a um potencial aumento do número de mortes tendo em conta as altas temperaturas. Além disso, também potenciam problemas de foro cardiorrespiratório relacionados com a poluição atmosférica, doenças transmitidas através da água e dos alimentos, assim como vetores de agentes provocatórios de doenças. (Carla Selada , 2010)

Neste contexto, os Jardins Verticais atuariam na atenuação das temperaturas, assim como na melhoria da qualidade do ar envolvente, numa tentativa de redução das consequências para a saúde pública.



## 2.3. Sustentabilidade do edificado em Portugal e o contributo dos Jardins Verticais

No território nacional são muitos os problemas relacionados com a sustentabilidade do edificado, onde podemos destacar o elevado consumo de água, deficiências no seu tratamento, a gestão de resíduos, gastos desnecessários de energia devido a uma construção antiga e pouco vocacionada para as necessidades do conforto térmico e consequente gestão energética.

### 2.3.1. Estado do edificado em Portugal

Segundo o estudo estatístico da construção e habitação com publicação mais recente, o parque habitacional português está estimado em 3,5 milhões de edifícios e 5,7 milhões de alojamentos. Em termos regionais, a região Norte é dominante em número de edifícios, totalizando 35,0%, deixando 31,2% para a região centro. Na região de Lisboa encontram-se 12,5% do total do parque habitacional nacional. (INE, 2010)

Efetuando uma comparação entre a distribuição do edificado com a distribuição da estimativa da população é possível verificar a proximidade de ambas, sendo no litoral que se concentra grande parte do parque habitacional e onde reside a maioria da população.

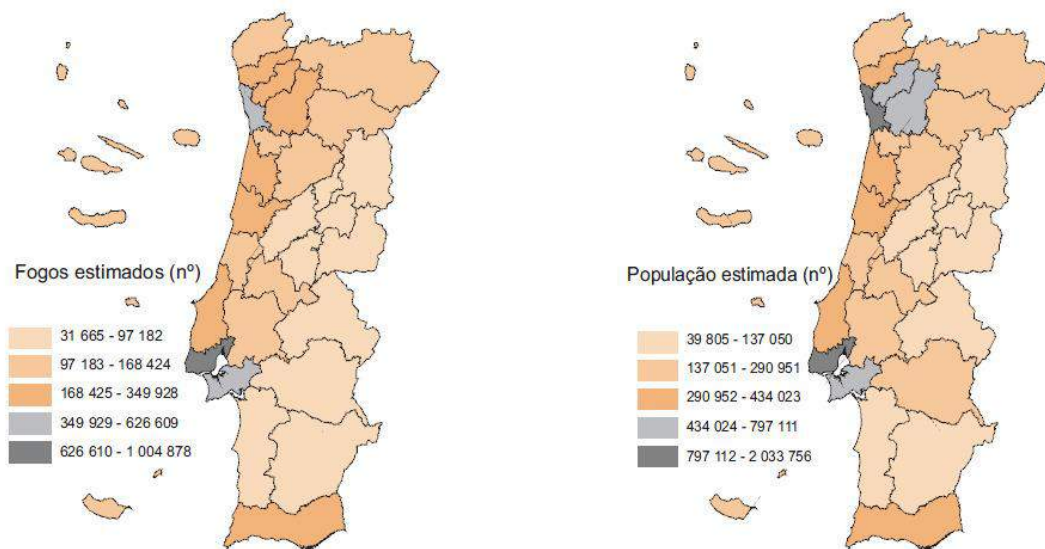
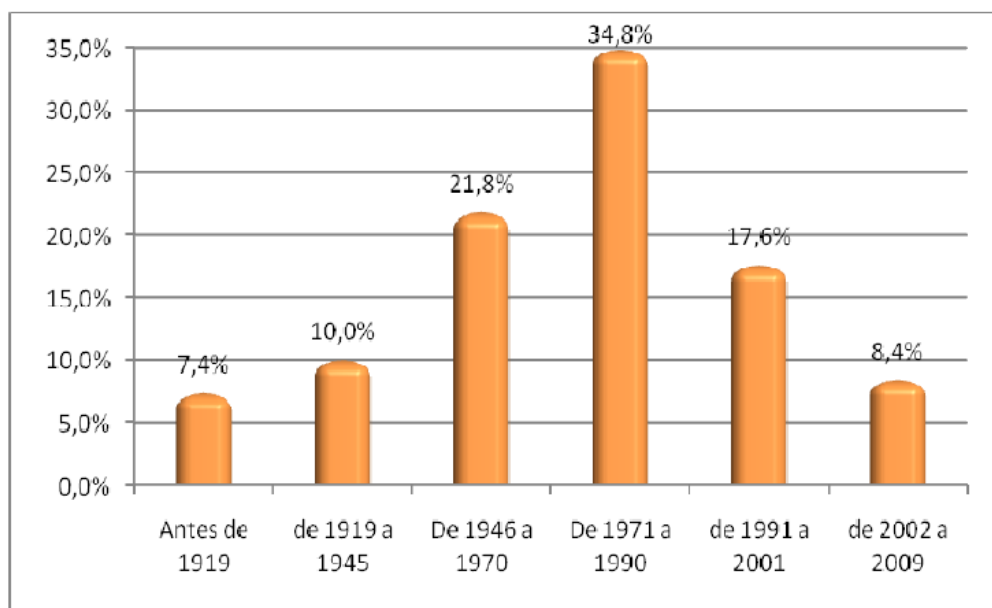


Figura 2- Estimativa do número de Fogos e de População, por região, em 2009 (INE, 2010)

Na Figura 3 é apresentada a distribuição percentual dos edifícios por época de construção.



**Figura 3 - Distribuição percentual dos edifícios por época de construção, em Portugal (INE, 2010)**

Relativamente à idade do parque habitacional, que constitui um dos principais indicadores quanto ao seu estado de degradação, pode referir-se, com base nos dados apresentados, que 39,2% dos edifícios têm mais de 40 anos de idade, sendo que cerca de um quarto dos edifícios foram construídos depois de 1991. Ainda que exista uma grande percentagem de edifícios de construção antiga, a maior parte do parque habitacional português é de construção relativamente recente. (INE, 2010)

No que diz respeito ao estado de conservação do parque habitacional, os dados dos Censos 2001 referem que cerca de 32% dos fogos necessita de pequenas e médias reparações, enquanto cerca de 10% necessita de grandes ou muito grandes reparações. Salienta-se ainda que, aquando da execução dos Censos 2001 (Março de 2001), 9,4% dos fogos construídos entre 1996 e 2001 já necessitavam de algum tipo de reparação. Estes valores reportam bem a falta de qualidade da construção durante essa época. (INE, 2010)

O fato de haver um elevado número de habitações a necessitar de intervenção abre grandes possibilidades à reabilitação de edifícios para que se possa melhorar as condições de segurança e conforto nas habitações.

## 2.4. Origem e História dos Jardins Verticais

Embora seja um conceito que ganhou mais ênfase na atualidade, os Jardins Verticais já eram usados há muitos séculos. Os primeiros relatos remontam a 600 a.C. no Antigo Oriente<sup>1</sup> sendo que na antiga Mesopotâmia<sup>2</sup> os templos sumérios, babilônios e assírios, denominados de Zigurates<sup>3</sup> ostentavam vegetação nos seus terraços. As referências mais significativas (4000 a 600 a.C.) dizem respeito a Eitemenanki na Babilónia, e Nanna na antiga cidade de Ur.

No entanto, o exemplo mais relevante são os Jardins Suspensos da Babilónia representados na figura 4. Considerada uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo, mandados erigir pelo Nebuchadnezzar II no século VI a.C. como presente para a sua esposa. Os jardins foram construídos sobre o palácio, a cerca de 20 metros de altura, e conformavam-se através de inúmeros terraços arborizados, irrigados a partir do rio Eufrates, impondo uma cultura botânica e estética. (Aragão, 2011)



Figura 4 – Representação dos jardins da Babilónia (Investigação e conhecimento, 2009)

Daí em diante é de notar o avanço da cultura dos terraços jardim na Antiguidade Clássica.<sup>4</sup> Encontram-se exemplos disso em Roma, nomeadamente o Mausoleo<sup>5</sup> de Augusto<sup>6</sup> e o

<sup>1</sup> Termo utilizado para denominar a região de onde apareceram as civilizações anteriores às clássicas, na região que atualmente se denomina Médio Oriente

<sup>2</sup> Região do Médio Oriente com interesse histórico e geográfico mundial

<sup>3</sup> Forma de Templo construído na forma de pirâmides terraplanadas pertinente ao tempo da Mesopotâmia

<sup>4</sup> Longo período da História da Europa que se estende aproximadamente do século VIII a.C. ao século V d.C.

<sup>5</sup> Grandioso túmulo normalmente construído para líder ou figura importante que morrerá, durante o período da Antiguidade Clássica

Mausoleo de Adriano<sup>7</sup> também conhecido por Castelo de Santo Ângelo (120-130 a.C). Possuem ambos uma estrutura circular, sendo o primeiro construído em vários terraços onde se encontravam plantados ciprestes e viveiros de peixes. O segundo possuía apenas um terraço ao nível superior com vista para o Rio Tibre. (Aragão, 2011)

Tornou-se uma prática comum ornamentar os pátios das habitações com flores, arbustos, trepadeiras e até árvores de fruto em grandes vasos. Surgiu assim a aplicação de fachadas verdes à habitação nas Vilas Romanas, que possuíam não só uma finalidade estética mas também de redução das amplitudes térmicas. (Aragão, 2011)

Outro exemplo precursor dos Jardins Verticais como os conhecemos hoje tem lugar na Islândia com as *TurfHouses*. As primeiras foram construídas na era Viking com o intuito de lutar contra as condições climáticas extremas. Eram construídas com os materiais locais disponíveis como a terra madeira e pedra. As casas apresentavam uma estrutura de madeira assente numa base de pedra e preenchida por uma espécie de tijolos de terra relvada, ficando cobertas de relvado e integrando-se na paisagem envolvente. (Aragão, 2011)



Figura 5- TurfHouses na Islândia, que surgiram com o intuito de lutar contra as condições climáticas adversas. (Stefan, 2011)

Inicialmente o único elemento exterior que se destacava nestas construções era a porta em madeira. No entanto, estas construções foram evoluindo e no século XVIII surge uma inovação, as *Burstabaer*, uma evolução das *TurfHouses*, apresentando agora nas extremidades fachadas em madeira introduzindo-lhes vãos. Muitas sobreviveram até ao século XX. Estas construções refletem o reconhecimento dos benefícios deste tipo de construção. (Aragão, 2011)

---

<sup>6</sup> Primeiro Imperador Romano (63ª.C.-14d.C.)

<sup>7</sup> Antigo Imperador Romano (76-138)



A partir do século XI, os Vikings estabeleceram-se em ilhas da Gronelândia e na Terra Nova (atual Canadá), expandindo este tipo de construção à América do Norte. Exemplo disso é o povoado Viking L’Anseaux Meadows, no Canadá, descoberto em 1960 e declarado Patrimônio da Humanidade pela UNESCO<sup>8</sup> (figura 6). Este tipo de construção influenciou as construções nas pradarias dos E.U.A., por volta do século XIX, dando origem às Sodhouses, o que traduzindo à letra significa casa relvada, e seriam muito semelhantes com as Burstabær supracitadas. (Aragão, 2011)



Figura 6 - Povoado Viking L’Anseaux Meadows (Lopes, 2014)

Voltando à evolução dos jardins verticais na Europa, em Itália e Centro da Europa, o cultivo da videira junto às fachadas das casas popularizou-se, uma vez que se trata de uma planta que é capaz de trepar e agarrar-se a pilares verticais entrecruzados com estruturas. Usando esta técnica eram obtidos os frutos para a obtenção do vinho despendendo apenas um espaço reduzido. Esta prática estendeu-se ao cultivo de outras espécies de frutos e rapidamente se estendeu a toda a cultura mediterrânea pois proporcionava não só alimentos, mas também a sombra e cobertura da fachada tornava as habitações mais agradáveis no Verão. (Aragão, 2011)

---

<sup>8</sup> Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, fundada em 1945

Com o desenvolvimento da indústria vinícola na idade medieval, esta prática estende-se a França e Inglaterra, sendo usada nos castelos dos proprietários dos vinhos e começando a ser usadas em Paris no século XV.

Esta ideia de cobrir os muros dos castelos e das casas senhoriais populariza-se ainda mais na 2ª metade do século XX com o desenvolvimento da “cidade jardim”, proposta por Ebenezer Howard em 1898, que visava que a cidade e o campo “se fundissem”, aproveitando as vantagens de ambos e evitando o crescimento exponencial desproporcional das cidades cinzentas. A partir daí a ideia de cobrir os muros com vegetação é considerada como elemento que prestigia a fachada. (Aragão, 2011)

Como já referido anteriormente, a partir do final do século XIX e inícios do século XX começam a surgir as preocupações ambientais e as primeiras teorias ecológicas, e a partir daí os Jardins Verticais passaram a ser vistos como uma possibilidade para ajudar a amenizar problemas ambientais melhorando a vida urbana nos grandes centros onde o desenvolvimento tecnológico e o crescimento populacional acarretaram danos à natureza. (Katia Perini, 2011)

Dentro desta perspectiva, um dos exemplos de referência do século XX é a Casa Scheu de Adolf Loos<sup>9</sup> que além de ter sido o projeto pioneiro a pôr em prática o princípio da cobertura em terraço, também foi pioneiro no uso dos Jardins Verticais. Loos combinou estes dois elementos, coberturas e fachadas verdes, com o intuito de que os mesmos representassem um símbolo de liberdade pessoal e proporcionassem uma “sensação de ar livre” (Sarnitz, 2009)

No entanto, embora esta tenha sido uma prática comum por muitos séculos para fazer crescer plantas escalando o exterior de paredes de construções, elas raramente alcançavam mais do que dois andares de altura. Assim, revestir com vegetação edifícios mais altos tornava-se uma prática impossível.

Até há cerca de 30 anos atrás, pensava-se que as plantas trepadeiras eram as ideais para os jardins verticais. O “*mur végétal*” concebido por Patrick Blanc<sup>10</sup> veio revolucionar o conceito dos jardins verticais. Plantar no solo deixou de ser a única opção e passou a existir a opção de “plantar sobre a parede”. (Vialard, 2010)

A solução proposta por Patrick Blanc compõe-se por um painel de nutrientes e uma percentagem de água que permita que as plantas vivam e cresçam sem necessidade do solo. Este conceito evoluiu de tal forma que hoje se podem admirar as suas fascinantes realizações por todo o mundo, de que são exemplo o museu Quai Branly em Paris, o Square Vinet em Bordeaux, ou o edifício Caixa Forum em Madrid. (Vialard, 2010)

Assim, ao longo do século XX até aos dias de hoje, a tecnologia na área dos Jardins Verticais desenvolveu-se e vem-se espalhando por vários países, variando de acordo com o clima, cultura e política de incentivo.

Atualmente, o conhecimento de novos materiais e técnicas de construção permitem a diversificação e eficácia destas instalações. No entanto sem determinados conhecimentos de

---

<sup>9</sup> Adolf Loos (República Checa 1870-1933) Notável arquiteto que exerceu a sua profissão na Áustria

<sup>10</sup> Patrick Blanc (Paris 1953) botânico especialista em plantas de florestas tropicais. Criador do “*mur végétal*”

botânica, eram impensáveis criações como esta, sobretudo tendo em conta que nestes sistemas as plantas sobrevivem sem substrato. Patrick Blanc estudou durante anos diversas espécies vegetais nas mais diversas florestas do mundo, transportando esses conhecimentos para a aplicação na arquitetura de paredes vivas. Reinventou a hidroponia como forma de sobrevivência das plantas dos seus jardins. (Vialard, 2010)

## **2.5. Hidroponia e a sua importância para o desenvolvimento dos Jardins Verticais**

A hidroponia apresenta-se associada à botânica. De uma forma muito resumida, consiste na sobrevivência de determinadas plantas na ausência de substrato, onde o mesmo é substituído por água. (Furlani, *et al*, 2009)

### **2.5.1. Evolução da prática da Hidroponia**

Hidroponia é um termo derivado de duas palavras de origem grega: “hidro” que significa água e “ponia” que significa trabalho. Esta técnica agrícola de cultivo desenvolveu-se ao longo dos anos através de diversas experiências laboratoriais, e ainda hoje está em constante desenvolvimento. (Furlani, *et al*, 2009)

Através de documentos conhecidos sabe-se que tais experiências laboratoriais surgiram em 1600, no entanto já anteriormente se cultivavam plantas na ausência de solo, na verdade, desde que teve início a vida aquática no nosso planeta. Dai que se possa afirmar ainda que as culturas hidrópicas precederam as culturas no solo. (Gilsanz, 2007)

Tais princípios foram encontrados em países como a China, Egito e Índia. Desde que há memória, Leonardo Da Vinci foi o primeiro cientista a preocupar-se com esta técnica. Posteriormente, em 1600, o belga Helmont terá realizado experiências que demonstraram a obtenção de nutrientes por parte das plantas. Também no mesmo ano, Boyle terá realizado experiências de crescimento de plantas em vasos. Em 1699, Woodward demonstrou finalmente como as plantas obtinham os alimentos. Em 1860, os alemães, Sachs e Knop foram os primeiros a por a teoria em prática e fazer crescer as plantas através de uma solução nutritiva, chamando ao processo “nutricultura”. Já mais atualmente, em 1929, foram desenvolvidos diferentes trabalhos de investigação, onde William F. Gricke, professor da universidade da Califórnia, define finalmente o processo por Hidroponia, que significa, “água que trabalha”. Posteriormente, na II Guerra Mundial as forças aliadas, instalam sistemas hidrópicos nas suas bases, para se proverem de frutas e vegetais frescos, importantes para a sua alimentação. Seguidamente, em 1950, proporcionada pelo desenvolvimento de novas técnicas industriais, a hidroponia comercial estende-se pelo mundo. Da Inglaterra difunde-se

por toda a parte, tendo sido a Nova Zelândia e Austrália os seus principais acolhedores. (Gilsanz, 2007)

### 2.5.2. Importância da hidroponia

A técnica da hidroponia (figura 7) consiste na sobrevivência das plantas em ausência de solo, sendo a água a responsável pela sua vitalidade. No que refere às paredes vivas, que é um tipo de jardim vertical explicado no capítulo seguinte, a hidroponia é fundamental, visto que as plantas dispostas ao longo das paredes, suportadas por materiais como feltro,<sup>11</sup> turfa<sup>12</sup> ou geotêxteis<sup>13</sup>, alimentam-se dos nutrientes que a água lhes faz chegar. Desta forma, a água é considerada o suporte vital das plantas em soluções hidrópicas. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008)



Figura 7 – Representação do crescimento das plantas num sistema de hidroponia. (VegaFlora, 2013)

A seleção do meio de cultura deverá ter em conta a sua capacidade de retenção de água, a forma e porosidade das partículas, permitir a oxigenação das raízes e atender a fatores como:

- Qualidade do meio;
- Disponibilidade do meio;
- Relação custo/produção;
- Tipo de sistema;

---

<sup>11</sup> Material à base de lã. Cujas fibras são agregadas por calandragem

<sup>12</sup> Material de origem vegetal, parcialmente decomposto

<sup>13</sup> Materiais têxteis utilizados em contacto com o solo ou com outros materiais em aplicações de engenharia civil e geotécnica



- Tempo de duração. A consistência do suporte deve manter-se durante o ciclo cultural da planta;
- A dimensão e a forma das partículas não deverão danificar as raízes e os caules. (Correia, 2011)

Ainda segundo o mesmo autor (Correia, 2011) para o sistema hidrópico vingar, deverão ser assegurados fatores como:

- Arejamento das raízes (fornecimento de O<sub>2</sub> e circulação da solução nutritiva através de uma bomba ou compressor);
- Obscuridade das raízes (visto que a luz promove o desenvolvimento de algas que competem pelos nutrientes e alteram o pH;
- Suporte das plantas (evitando materiais de fácil decomposição).

De outra forma, a seleção e composição da solução nutritiva, deverá atender a fatores como:

- Proposição relativa dos iões;
- Solubilidade em água;
- Forma como os nutrientes são absorvidos;
- Relação entre custo e qualidade;
- Tipo de substrato;
- Disponibilidade no mercado;
- Compatibilidade na mistura;
- Espécie e variedades a implementar;
- Estado de desenvolvimento da cultura;
- Parte da planta que será colhida;
- Período do ano (condições climatéricas).

### **2.5.3. Hidroponia aplicada aos Jardins Verticais e relação com Patrick Blanc**

Até há cerca de 30 anos atrás quando se imaginava um Jardim Vertical interpretava-se que tal só era possível através de sistemas que obrigavam à existência de uma base de substrato (terra), de onde cresciam as plantas trepadeiras. Era impensável que técnicas hidrópicas eram compatíveis com estes sistemas de ajardinamento, até que surgiu Patrick Blanc, conceituado botânico francês, o qual se falará nos próximos capítulos, com o seu novo conceito original denominado de “Mur Végétal”, que permitia o desenvolvimento das plantas ao longo da parede na total ausência de substrato. (Vialard, 2010)

Segundo Vialard (2010), Patrick Blanc, desde criança interessava-se pelas plantas aquáticas. Aos 5 anos de idade numa visita ao consultório do seu médico de família terá visto um enorme aquário tropical na sala de espera, o que o deixara fascinado com o que observara.

Terá sido o ponto de partida para pouco tempo depois os seus pais lhe oferecerem um, tendo em conta tal fascínio. Habitante da cidade, sem alguma noção de campo, rapidamente se mentalizava que ali não era o seu lugar. Ainda jovem, em 1964 parte á descoberta do suporte de cultura ideal, pelas grandes florestas mundiais, entre elas as da Amazónia e da Tailândia.

Nas suas viagens pelas grandes florestas, observara imensos exemplos de plantas que cresciam sobre as rochas e sobre as árvores, em algumas circunstâncias não se lhes observara qualquer tipo de substrato que lhe pode garantir o fornecimento dos minerais essenciais á sua sobrevivência. (Vialard, 2010)

Blanc começou por desenvolver um sistema artificial de sobrevivência das plantas baseado numa placa de madeira, complementada por um sistema de rega. No entanto, a água com calcário impedia o desenvolvimento das plantas. De modo a ultrapassar o efeito do calcário sobre as plantas adicionou blocos de turfa compactada. Utilizara ainda fibra de coco<sup>14</sup> e lã de rocha<sup>15</sup> mas deparava-se com questões de sustentabilidade, visto que os materiais se degradavam rapidamente com o tempo.

Em 1977, a ciência descobre a manta de rega, já utilizada em estufas hortícolas. Esta era a ideal para garantir as necessidades de durabilidade do sistema, para além de assegurar a distribuição homogénea da água e dos seus nutrientes garantia a sobrevivência das plantas sobre as paredes de forma totalmente hidrópica.

Atualmente as soluções de paredes vivas estão no seu auge, observando-se inúmeros exemplos um pouco por todo o mundo. (Vialard, 2010)

---

<sup>14</sup> Fibra de origem vegetal proveniente do coqueiro

<sup>15</sup> Material vulgar de construção com elevadas características térmicas

# Capítulo III

---

## 3. Jardins Verticais

### 3.1. O que são os jardins verticais

Jardim Vertical é um termo descritivo usado para referir a formas de vegetalizar na totalidade ou parcialmente fachadas de edifícios. É também o termo para referir um sistema de anexação de plantas a estruturas de engenharia civil e paredes de prédios verdejantes. (Mir, 2011)

Atualmente existem diversas formas de ajardinar uma fachada, dependendo do resultado pretendido, do local onde se querem instalar ou mesmo do custo que se pretende despende. Existem algumas classificações de autores, ou mesmo empresas técnicas destes sistemas, que as classificam e denominam, por vezes de formas diferentes, o que depois de analisadas se conclui que usam os mesmos princípios técnicos de construção e elaboração.

Nesta recolha de tipos de Jardins Verticais só serão incluídos exemplos de práticas elaboradas pela criatividade do homem e não simples acasos naturais, como por exemplo quando por abandono, as trepadeiras e demais espécies vegetais não desejáveis cobrem um edifício. Também não são considerados exemplos de usos vegetais no interior, visto que estes são usados sobretudo com fins estéticos e não para a sustentabilidade do edifício.

### 3.2. Tipos de Jardins Verticais

Para uma melhor classificação, os jardins verticais dividem-se essencialmente em duas categorias, fachadas verdes e paredes vivas. A primeira implica substrato (terra) para a sobrevivência das plantas, que pode ser o próprio solo, assim como disposto em caixas de substrato ao longo da parede. São usadas plantas trepadeiras, que crescem essencialmente através de cabos de aço ou por auto apego através da rugosidade da parede. As paredes vivas, por sua vez, consistem em formas de ajardinamento mais complexas, podendo ser pré fabricadas ou produzidas no local (*in situ*). Estas últimas são as mais complexas mas mais eficazes. É o método usado por Patrick Blanc, que consiste na plantação em camadas de feltro suportado em placas de PVC. As plantas deverão possuir determinadas propriedades de forma a sobreviverem na ausência de substrato. A sua sobrevivência é garantida através de um eficaz e constante sistema de rega por gravidade. (Vialard, 2010) (Mir, 2011)

### 3.2.1. Fachadas Verdes

As fachadas verdes são um sistema de jardim vertical em que as plantas trepadeiras são plantadas na base da parede, no topo ou em caixas suspensas de substrato. É importante que as plantas sejam encaminhadas para cobrir total ou parcialmente as paredes do edifício. Este método pode ocorrer da forma mais natural por auto apegos das plantas, quando elas não necessitam de qualquer meio adicional para se sustentarem, ou em casos mais criativos e tecnologicamente avançados, onde são necessários sistemas de painéis modulares, ou sistemas de cabos. Desta forma poder-se-ão ainda diferenciar os tipos de sistema, quanto à sua dependência da parede ou auto dependência. A figura 8 mostra de forma esquemática 4 tipos de fachada verde. (Mir, 2011)

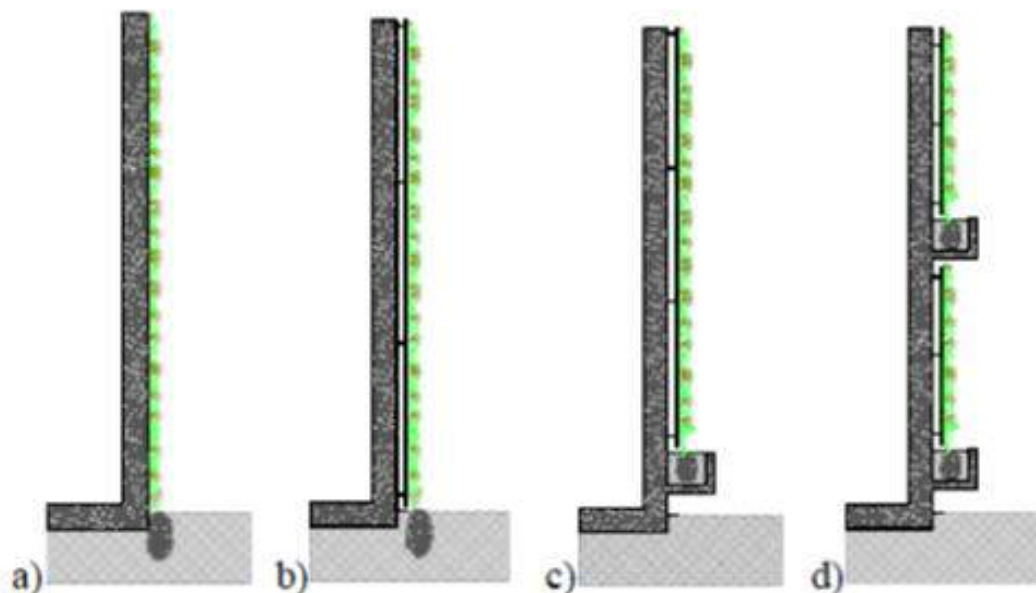


Figura 8 – Tipos de fachadas verdes a) Auto apegos; b) com dependência da parede; c) em caixa de substrato 1 nível d) em caixa de substrato 2 níveis

#### 3.2.1.1. Fachadas Verdes Plantadas no Solo

As plantas possuem as suas raízes no solo e crescem ao longo da fachada. Este sistema tem a desvantagem de levar cerca de 3 a 5 anos até que o edifício fique totalmente coberto de vegetação, dependendo do tamanho da parede e da quantidade de espécies plantadas. Em contrapartida são sistemas de fácil montagem e manutenção. A rega também não se torna difícil, comparativamente a outros sistemas, uma vez que a raiz das plantas se encontra no solo ou em caixas com quantidades consideráveis de terra. Esta categoria pode ser dividida em sistemas de plantas de auto apego (diretamente na parede) ou sistemas de plantas que necessitam de estruturas de suporte complementares (indiretamente na parede) (Mir, 2011)

#### **a) Auto apego**

As plantas de auto apego possuem uma forte tendência para crescer verticalmente em direção à luz, fenómeno denominado por fototropismo. Estas plantas trepadeiras possuem raízes aéreas ou ventosas que lhe permitem aderir diretamente à parede, como se verifica pela figura 9, sem necessidade de um sistema de suporte adicional. A hera comum (*Hederahelix*) e a hera de boston (*Parthenocissus sp.*) são exemplos de plantas que podem ser usadas neste sistema, podendo crescer 30 metros cobrindo grandes superfícies. (Ottelé, 2011)



**Figura 9 - Exemplo de planta que dispensa estruturas de suporte, sendo a rugosidade da parede suficiente para o seu desenvolvimento (Retirado de: Ottelé, 2011)**

A superfície da fachada deve ser preferencialmente rugosa como as rochas ou os troncos das árvores sobre os quais estas plantas crescem naturalmente. Superfícies lisas como metal, vidro ou plástico não são favoráveis para este sistema. (Ottelé, 2011)

A sua maior desvantagem prende-se com o fato destas poderem causar danos à superfície da parede através das suas fortes e densas raízes e a um eventual défice de manutenção. (Mir, 2011)

#### **b) Com independência da parede**

Nem todas as espécies de plantas possuem propriedades adesivas que lhe permitam aderir à parede e crescer sobre ela. Para essas espécies são necessárias estruturas adicionais de suporte, as quais são aplicadas de forma a permitir que as plantas cresçam ao longo da estrutura e cubram a fachada. A estrutura de suporte dá a oportunidade das plantas crescerem mais e desenvolverem os seus ramos na direção vertical. (Mir, 2011)

Neste sistema, as plantas mantêm uma distância relativamente à parede estrutural, capaz de possibilitar a circulação do ar, útil para o arrefecimento da superfície. Há duas formas distintas de construir estas fachadas: por painéis modulares ou por sistemas de cabos de aço, que servem de apoio às plantas. (Mir, 2011)

- Sistema de painel modular

O bloco de construção deste sistema modular consiste num painel tridimensional rígido e leve, feito a partir de um arame de aço galvanizado revestido e soldado que suporta as plantas. Este painel é desenhado de modo a que as plantas cresçam fora das paredes e não se agarrem diretamente às superfícies, criando um meio onde podem crescer à vontade, o que ajuda a manter a integridade da membrana superficial do edifício. (Mir, 2011)

Os painéis podem ser empilhados de modo a cobrir grandes superfícies ou modelados para criar diferentes formas e feitios. A rigidez do aço também permite criar extensões entre estruturas, podendo assim ser utilizado em paredes verdes autónomas.



Figura 10 - Sistema de malha aplicado na parede que servirá de suporte á planta (Retirado de: Carl Stahl , 2008)

- Sistema de cabos

Os sistemas de redes de cabo como o próprio nome indica utilizam cabos em aço. Este sistema é utilizado nas fachadas desenhadas para suportar plantas trepadoras de rápido crescimento e com folhagem densa.

Os cabos têm particularidades próprias de baixo peso e diâmetro, de forma a tornarem-se praticamente invisíveis, dando maior destaque às plantas. Os mesmos têm alta flexibilidade, permitindo uma rápida e simples instalação, para além de possuírem alta aderência para as plantas. (Shahl, 2008)

Este sistema permite cobrir os vãos do edifício, devido ao seu relativo afastamento, sendo uma forma oportuna para impedir a entrada dos raios solares em períodos quentes.



Figura 11 - Crescimento das plantas através de um sistema de cabos em aço (Retirado de: Carl Stahl , 2008)

#### *3.2.1.2. Fachadas verdes em caixas suspensas de substrato*

O sistema de fachadas verdes em caixas suspensas de substrato tem particularidades semelhantes aos restantes no seio das fachadas verdes, distingue-se pelo uso de caixas de substrato, onde as plantas descem em cascata ou crescem verticalmente sobre os mais diversos sistemas de auto apego, painel modular ou cabos. (Mir, 2011)

As caixas de substrato podem-se posicionar na margem das fachadas, das coberturas, ou em sistemas de suspensão. É necessário um sistema de rega contínuo, uma vez que as plantas não estão enraizadas diretamente no solo. Além disso, devido ao pequeno espaço disponível nas caixas, as plantas não podem crescer ilimitadamente. Por esta razão as plantas crescem limitadamente em largura e comprimento. Assim, podem existir uma ou mais caixas de substrato, consoante as características da planta e altura da parede, onde poderá haver necessidade de vários níveis de caixa de substrato em edifícios de grande altura, conseguindo-se mais rápida e eficientemente a cobertura da fachada pela vegetação. Este sistema poderá ser o ideal para edifícios tipo escalonados nos quais se pretende uma fachada verde, como é o caso do edifício consórcio sede de Santiago em Espanha, visível na figura 12. (Mir, 2011)





Figura 12 - Edifício Consórcio Sede em Santiago do Chile (Retirado de: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl))

### 3.2.2. Paredes Vivas

Comparativamente às Fachadas Verdes, estes sistemas são mais complexos na sua construção, requerem mais manutenção, assim como uma rega mais exaustiva. Consistem em sistemas construídos no local (*in situ*) ou pré fabricados, das mais diversas formas ou materiais, capazes de criar condições de sobrevivência para a planta ao longo da parede. A constante necessidade de rega advém da necessidade de reduzir o substrato da planta ao máximo, ou mesmo na sua totalidade, reduzindo o peso total do jardim e dessa forma se garantir o equilíbrio da estrutura. As suas características são as mais apropriadas para permitir agradáveis experiências de composição de diferentes plantas, permitindo interessantes desenhos e jogos de cores. (Garrido, 2011)



O seu conceito estrutural assemelha-se a uma fachada ventilada vulgar. Construtivamente deverá existir uma parede interior de elevada massa térmica com uma camada de isolamento térmico na parte exterior. Como revestimento da parede e do isolamento, separada por uma pequena caixa-de-ar ventilada, deverá estar a vegetação. A caixa-de-ar é de vital importância para uma parede viva, para além de servir como meio para dissipar o calor da camada exterior (de vegetação neste caso), é necessária para evitar que a água chegue á camada de isolamento. (Garrido, 2011)

Na escolha das espécies vegetais deve haver especial cuidado em selecionar plantas com um rápido crescimento, reduzidas dimensões, e sobretudo devem-se combinar entre si de modo complementar biologicamente. Na medida do possível é altamente recomendável a utilização de espécies nativas, assim como espécies de alta capacidade de adaptação ao tipo de ambiente. (Groult, 2008)

O sistema construído no local (*in situ*) é constituído á base de mantas de feltro, estando por isso muito dependente da água para a sua sobrevivência. Permite suportar uma grande diversidade e densidade de espécies de plantas e é usado por experientes técnicos de paredes vivas como Patrick Blanc ou Luis de Garrido. (Garrido, 2011; Groult J. , 2008)

No caso dos sistemas pré fabricados, a sua instalação não requer técnicas tão qualificadas, visto que esse trabalho é desenvolvido anteriormente à instalação pelas empresas que os fabricam. Podem aparecer no mercado nas mais diversas formas e constituídos pelos mais diversos materiais, como pequenas caixas de substrato, painéis de suporte em plástico ou PVC, painéis de alumínio ou à base de elementos cerâmicos.

#### ***3.2.2.1. Sistemas produzidos “In situ”***

Como o próprio nome indica, estes sistemas são elaborados diretamente nas paredes, através da aplicação de camadas de lã de rocha, feltro ou geotêxtis. Estes servem de suporte vital à vegetação, substituindo o seu substrato. Para tal escolhem-se plantas apropriadas para o efeito, onde as camadas de substituição do substrato têm a função de armazenar os nutrientes das plantas. Estes sistemas são complexos e totalmente dependentes de regas constantes, mas em contrapartida permitem jardins verticais, com interessantes jogos de plantas, onde se destacam criadores tais como Patrick Blanc ou Luis de Garrido. (Vialard, 2010; Garrido, 2011; Groult, 2008)

### a) Sistema hidrópico

Relativamente aos sistemas de parede viva, produzidos *in situ*, este consiste no mais antigo e mais simples. É o sistema de jardim vertical usado por Patrick Blanc. A sua estrutura consiste na instalação de ripas verticais (e algumas horizontais) sobre o muro, com a finalidade de obter uma superfície perfeitamente vertical e independente da parede, a fim de garantir afastamento entre a parede e a estrutura verde, para a circulação de ar. Sobre este sistema de ripas fixa-se um painel de polietileno reticular ou PVC. Este painel tem a finalidade de suportar as camadas de feltro armado que aguentará o peso das plantas. Em geral, com este sistema pode-se colocar uma média de 20-30 plantas/m<sup>2</sup>. (Vialard, 2010; Garrido, 2011; Groult, 2008)

O feltro é resistente e consta de 2 ou 3 camadas, dependendo do autor. Por exemplo, Blanc aplica 2 camadas, enquanto Garrido aplica 3. Estas são devidamente fixadas à sua estrutura de polietileno ou PVC, onde seguidamente se faz uma série de rasgos horizontais como forma de cavidade para a introdução da raiz das plantas. (Vialard, 2010) (Garrido, 2011) (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008)

Os cortes devem ser muito pequenos para que segurem com robustez as plantas que inicialmente são de pequeno tamanho. Este sistema gera jardins verticais irregulares com grandes mudanças de forma e volume. Devido ao seu sistema de construção, não permite realizar jardins uniformes, tipo tapeçaria e a densidade de plantas que se pode colocar é relativamente baixa. Com a finalidade de compactar o jardim e para que não se vejam zonas sem vegetação, as plantas devem ter um tamanho considerável. (Garrido, 2011)

Este modelo de Parede Viva necessita de um sistema de rega abundante, geralmente à base de um sistema tubular horizontal de rega por cortina. Estes tubos são perfurados e devem colocar-se no máximo distanciados a 4 m de altura. Só deste modo se pode assegurar que o feltro é continuamente humedecido com a finalidade de fornecer água e nutrientes às raízes das plantas. Este sistema é absolutamente hidrópico, nomeadamente não dispõe de terra nem substrato vegetal (com a finalidade de reduzir ao máximo o peso do jardim) e portanto tem necessidade de contínua e constante rega. A água, enriquecida de nutrientes, cai

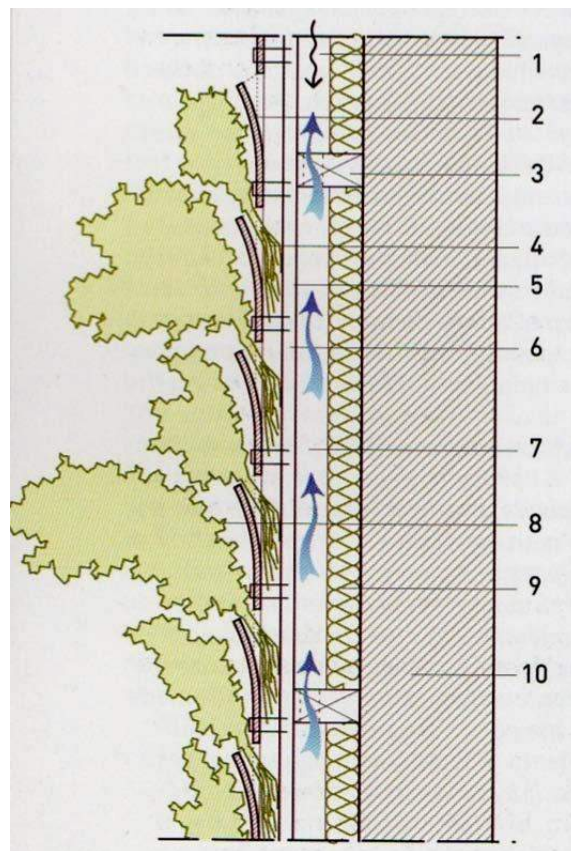


Figura 13 : Corte explicativo de uma Parede Viva Hidrópica (retirado de: Garrido, 2011)

#### Legenda:

1. Água;
2. Camada de feltro ou outro;
3. Ripa horizontal;
4. Raiz;
5. Grampo metálico;
6. Camada de polietileno ou PVC;
7. Caixa-de-ar ventilada;
8. Vegetação;
9. Isolamento térmico;
10. Parede estrutural

por gravidade, humedecendo o feltro e as raízes, por vezes, recorre-se a um sistema convencional de recolha de águas na parte inferior do jardim. (Vialard, 2010; Garrido, 2011; Groult, 2008)



Figura 14 - Fases construtivas de uma Parede Viva (Vialard, 2010)

Este sistema tem a vantagem do seu reduzido peso e consequente facilidade de suporte na parede, fácil adaptabilidade a diferentes edifícios e tipos de parede ou vãos, no entanto apresenta as seguintes desvantagens: (Garrido, 2011; Groult, 2008; Vialard, 2010)

- Têm um preço arbitrário e muito elevado (na Europa o preço médio é de 500€/m<sup>2</sup>);
- Consomem uma enorme quantidade de água e de nutrientes, porque o feltro não os consegue reter;
- Necessitam de um sistema complexo de rega e filtração;
- O sistema é absolutamente sensível às falhas da rega. Numa eventual falha, poderão morrer muitas plantas;
- Necessitam de muito mantimento e muitos cuidados, de forma permanente e contínua;
- A sua manutenção é cara (na Europa o custo médio é de 4€/m<sup>2</sup> por ano);
- Há necessidade de grande reposição de plantas por secagem (uma média de 15% de plantas por ano).

#### **b) Sistema de Substrato Ligeiro**

Em termos conceituais este sistema de parede viva assemelha-se ao anterior (sistema hidrópico), no entanto possui algumas características que o tornam diferente. Como se pode verificar pela figura 15, assemelha-se na sua estrutura, que consiste no sistema de ripas que garante o afastamento à parede estrutural. As diferenças verificam-se na cobertura das ripas. Sobre elas são colocadas bandejas com pequenas quantidades de substrato, onde são introduzidas as raízes das plantas.

As bandejas são de polietileno reticular, com espessura que oscila entre 5 e 15cm, pelo que as células das bandejas têm dimensões aproximadas de 10 por 10cm e estão perfuradas com múltiplos pequenos orifícios. Estas bandejas enchem-se de substrato e envolvem-se com

feltro. Uma vez envoltas, realiza-se um conjunto de cortes no mesmo e introduz-se as plantas, com as suas raízes enterradas no substrato. O feltro consta de uma só camada e deve fixar-se firmemente às bandejas, com a finalidade de suportar o substrato existente no seu interior. Na generalidade, com este sistema, pode-se colocar uma média de 80 a 100 plantas/m<sup>2</sup> (Garrido, 2011)

Estes sistemas permitem uma densidade muito superior em relação às paredes vivas hidrópicas. Por esta razão, as plantas podem ter tamanhos muito reduzidos e uniformes, podendo-se inclusive obter jardins verticais com aspeto similar. Este modelo de jardim vertical necessita de um sistema de rega por gotejamento, o que garante o seu baixo consumo de água. Os tubos de rega dispõem-se entre as bandejas verticais, (separadas uns 80 cm em altura) e vão humedecendo de forma lenta e contínua o substrato das bandejas. Estas dispõem de perfurações internas, de tal forma que a água possa filtrar-se através das células interiores e humedecer a terra do seu interior. O consumo de água é baixo, o necessário para manter o substrato humedecido e portanto apenas se recolhe a água na base do jardim vertical. (Garrido, 2011)

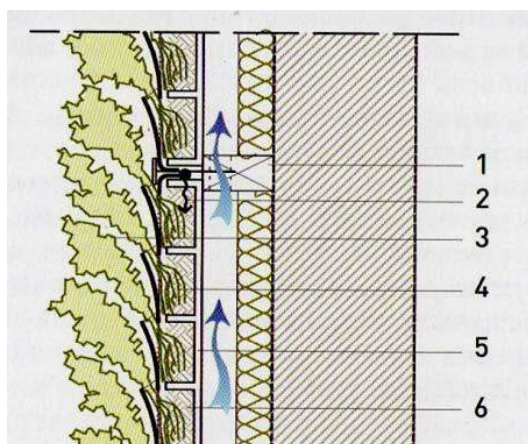


Figura 15: Corte explicativo de uma Paredes Viva de Substrato ligeiro. Retirado de: (Garrido, 2011)

**Legenda:**

- 1- Ripa horizontal;
- 2- Água;
- 3- Vegetação;
- 4- Raízes da vegetação;
- 5- Bandeja de polietileno;
- 6- Substrato;
- 7- Tela de filtro geotêxtil;
- 8- Parede estrutural;
- 9- Isolamento térmico;
- 10- Caixa-de-ar ventilada;
- 11- Sistema de rega

Uma característica muito interessante deste sistema de parede viva é que se pode utilizar as águas pluviais. Estas introduzem-se no sistema de rega por gotejamento e descem por gravidade, atravessando as diferentes bandejas de substrato e vegetação, pelo que o seu percurso se desenvolve de forma contínua. Deste modo, a água que se recolhe na parte inferior do jardim, cai de forma natural. Por tudo isto, este tipo de jardim vertical é eficaz na forma como recicla as águas da chuva. (Garrido, 2011)

Outra vantagem importante deste sistema é que as plantas podem-se colocar nas bandejas e posteriormente instalar estas com plantas já enxertadas no jardim vertical. Isto permite um cuidado mais efetivo das plantas e garantir que se adaptem e cresçam com maior rapidez. Na Europa, este sistema custa aproximadamente 300€/m<sup>2</sup>, que o converte no sistema mais económico dos existentes na atualidade. Entre as vantagens deste sistema encontram-se as seguintes. (Garrido, 2011)

- Têm pouco consumo de água e nutrientes;
- Podem-se utilizar como forma de reciclar as águas da chuva;
- Não são necessários sistemas de recolha inferior de água e reciclagem;
- Têm pouca necessidade de manutenção;
- A manutenção pode ser muito económica;
- São resistentes às falhas de rega, tanto mais quanta maior a sua espessura;

- Podem-se desmontar, reparar-se e transportar-se;
- Têm um preço moderado;
- Não necessita de muita reposição de plantas por secarem (menos que 2% de plantas por ano).

Os inconvenientes deste sistema prendem-se essencialmente com a sua instalação, visto que é lenta e necessita de mão-de-obra muito qualificada. (Garrido, 2011)



### c) Sistema tipo “Muro Cortina”

A base conceitual deste sistema de parede viva é muito simples. Na prática, consiste em assimilar um jardim vertical a um muro cortina. Para simplificar o sistema e torna-lo mais económico, a rega desenvolve-se diretamente por entre os perfis. Por suposto, imagine-se que no futuro existirão múltiplas patentes baseadas nesta mesma ideia e o mais provável é que entre elas existam diferenças mínimas. (Garrido, 2011)

Em termos práticos, sobre o muro do edifício dispõem-se os montantes metálicos verticais, ajustados e ancorados a estes, dispõem-se os montantes horizontais. A separação entre os verticais pode variar entre 60 cm a 1 m, dependendo do peso das plantas e a separação entre perfis horizontais deve ser de 60 a 80 cm. Os perfis verticais podem ser realizados à base de perfis ómega<sup>16</sup>, uma vez que no seu interior poderão circular os tubos de rega por gotejamento. Os perfis horizontais podem ser de alumínio reciclado perfurados, não servirão somente para sustentar o substrato, como também para fornecer-lhe a água. Estes últimos não necessitam de tubos no seu interior, eles mesmos canalizam e distribuem a água da rega. Uma vez formada uma reticula com os perfis, dispõe-se o isolamento, diretamente fixado ao muro. Sobre os perfis metálicos, em forma de “T”, dispõem-se lâminas retangulares de polietileno, debaixo de uma câmara ventilada, entre ela e o isolamento. (Garrido, 2011)

No volume de enquadramento entre os perfis e as lâminas introduzem-se os sacos planos de substrato. Estes deverão ser muito finos, apenas 4 ou 5cm de espessura. Por último, os sacos de substrato são fixados firmemente sendo aparafusados com uma malha rígida exterior, fixada firmemente aos perfis. Finalmente abrem-se os rasgos nos sacos e introduzem-se as plantas. (Garrido, 2011; Groult J. , 2008)

O sistema estrutural do muro cortina permite combinar vidro, vegetação e qualquer tipo de material de um modo homogéneo no momento de compor uma envolvente arquitetónica. Em geral, com este sistema, pode-se colocar em média 80 a 100 plantas/m<sup>2</sup>. Por essa razão, as

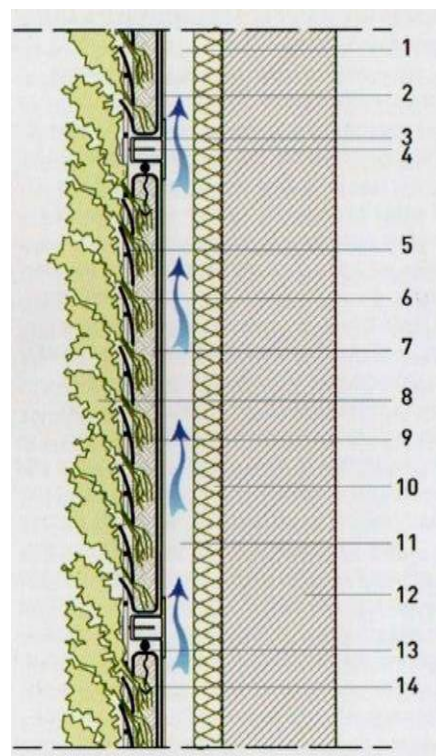


Figura 16: Corte explicativo de uma Parede Viva tipo Muro Cortina. (retirado de Garrido, 2011)

#### Legenda:

- 1- Montante vertical de perfil  $\Omega$ ;
- 2- Pannel de polietileno;
- 3- Travessão horizontal em alumínio;
- 4- Parafuso de fixação da malha;
- 5- Camada de feltro;
- 6- Malha de aço;
- 7- Substrato;
- 8- Vegetação;
- 9- Raízes da vegetação;
- 10- Isolamento térmico;
- 11- Caixa-de-ar;
- 12- Parede estrutural;
- 13- Sistema de rega;
- 14- Água

<sup>16</sup> Perfil metálico com a forma do símbolo ómega ( $\Omega$ )

plantas podem ser de tamanho muito reduzido e os jardins resultantes podem ser muito uniformes e compactos, podendo-se inclusive conseguir um aspeto similar. (Garrido, 2011)

Entre as vantagens deste sistema incluem-se as seguintes: (Garrido, 2011; Groult, 2008)

- Têm pouco consumo de água e de nutrientes;
- Podem-se utilizar diretamente águas pluviais nas regas;
- Podem-se utilizar como forma eficaz de reciclagem das águas pluviais;
- Não necessitem de sistema inferior de recolha de águas e sua reciclagem;
- Têm pouca necessidade de manutenção que pode ser muito económica (por volta de 1€/m<sup>2</sup>/ano);
- São resistentes à falha da rega;
- Não necessita de grande reposição de plantas por questões de seca (menos de 2% plantas por ano);
- Têm um preço acessível;
- A estrutura necessária é muito simples;
- A sua instalação é muito rápida;
- Permitem que na mesma fachada se integrem vários materiais, vidros e vegetação.

### ***3.2.2.2. Sistemas pré – fabricados***

Nesta classificação de sistemas de parede viva pré fabricada, incluem-se sistemas desenvolvidos por diversas empresas da sua aquisição até ao produto final é um passo relativamente simples.

#### **a) Tipo caixas de Substrato – Sistema Jardim vertical Vertiss**

Consiste em módulos de Polipropileno reciclado verticais de plantação quimicamente inertes, totalmente reciclável e resistente à corrosão.

Os módulos de plástico têm a finalidade de armazenar o substrato da planta, assim como a água e nutrientes. O sistema é pensado de forma a reduzir ao máximo o seu peso, para tal usa materiais leves, para além de possuir pouca capacidade de armazenamento de substrato, o que permite um peso final médio na ordem dos 50 kg/m<sup>2</sup>. As dimensões são: 30x80x13,5 cm (TERRACELL , 2013)

A irrigação dos módulos deste sistema é feita com tubulação colocada na parte superior do jardim, onde, através de uma pequena torneira por coluna de módulos é fornecida a água para os reservatórios inferiores e demais módulos. Assim o caudal da água poderá ser controlado e assim evitar desperdícios de água. (TERRACELL , 2013)

Estes suportes são comercializados em painéis 80x30 cm e 79,5x 59,5 cm. (TERRACELL , 2013)

No que diz respeito aos valores da deste sistema rondam, incluindo material e montagem rondam os 150 €/m<sup>2</sup>. (TERRACELL , 2013)



Figura 17- Sistema de Jardim Vertical VERTISS Compact e VERTISS Plus (TERRACELL , 2013)

#### **b) Tipo Suportes Plásticos – Wallgreen**

O *Wallgreen* consiste num sistema modular pré-fabricado para a instalação de jardins verticais, composto por módulos de plástico, onde posteriormente se instalam as plantas em vasos individuais apropriados. O sistema poder-se-á aplicar de forma fácil e cómoda a qualquer tipo de parede, desde alvenaria, madeira, metal, entre outros, sendo que desta forma, cada módulo suporta individualmente o seu peso, não havendo sobrecarga pela sua maior expansão vertical, daí a sua idealidade para paredes altas. (Wallgreen , sd)

Após a sua montagem, procede-se à fase da plantação. O substrato das plantas é colocado em sacos de filtro, de forma individual. Estes são encerrados por um fio, para que apenas a folhagem da planta fique de fora, sendo posteriormente colocadas em vasos de plástico, apropriados para se suportarem horizontalmente nos módulos. Cada um destes tem capacidade para 3 vasos de plantação. (Wallgreen , sd)

A individualização das plantas por vasos permite interessantes jogos de diferentes espécies vegetais, assim como a sua rápida manutenção ou substituição como se pode observar na figura 18. (Wallgreen , sd)



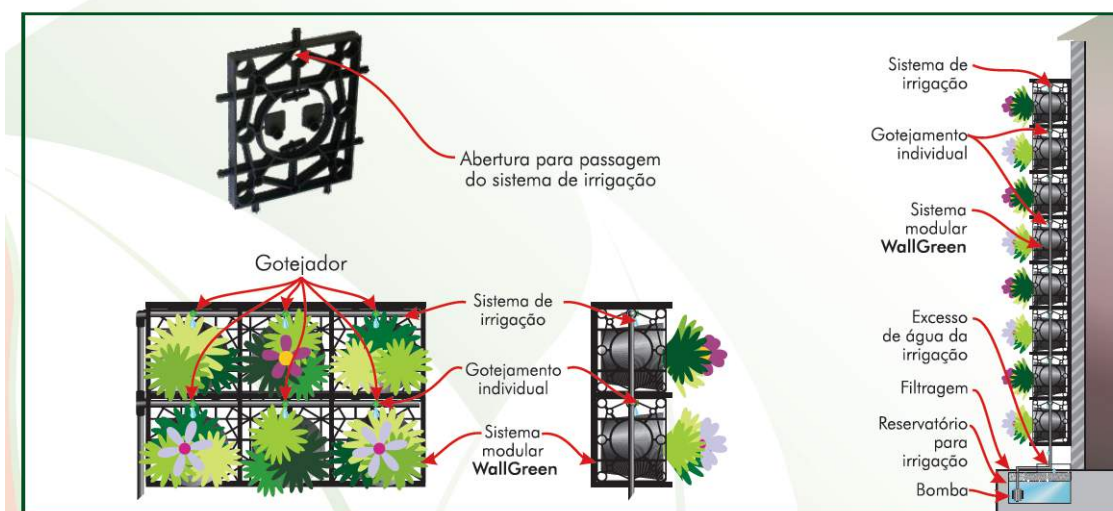


Figura 18- Esquema explicativo do sistema Wallgreen, á base de suportes plásticos, onde se verifica ainda o seu sistema de rega com reutilização da água. (Wallgreen , sd)

O Wallgreen conta ainda com um eficaz sistema de rega por gotejamento, no qual cada vaso conta com um gotejador individual, permitindo assim o máximo controlo de água, evitando desperdícios e garantindo que a água chegue a todas as plantas de igual forma. (Wallgreen , sd)

### c) Tipo painéis de Alumínio - Sistema Fytowall da Fytogreen

O sistema Fytowall consiste numa série de painéis modulares de espuma branca obtida através de resina de aminoplástico<sup>17</sup> que servirá de suporte ao substrato para as plantas. Resulta numa estrutura leve mas muito estável, firme e esponjosa de pH neutro. Trata-se de um sistema muito eficiente para uma vasta gama de plantas e tipos de clima. É rápido de construir e fácil de usar, incluindo um sistema de rega automática de gotejamento por gravidade, responsável pela manutenção a nível de nutrientes para a planta. Para além de utilizado no exterior, este sistema também poderá ser instalado no interior, em qualquer tipo de parede e superfície. Veja-se a figura 20 que mostra algumas propriedades de montagem do Fytowall. (Mir, 2011)

<sup>17</sup> Organitos que podem aparecer em algumas células vegetais.

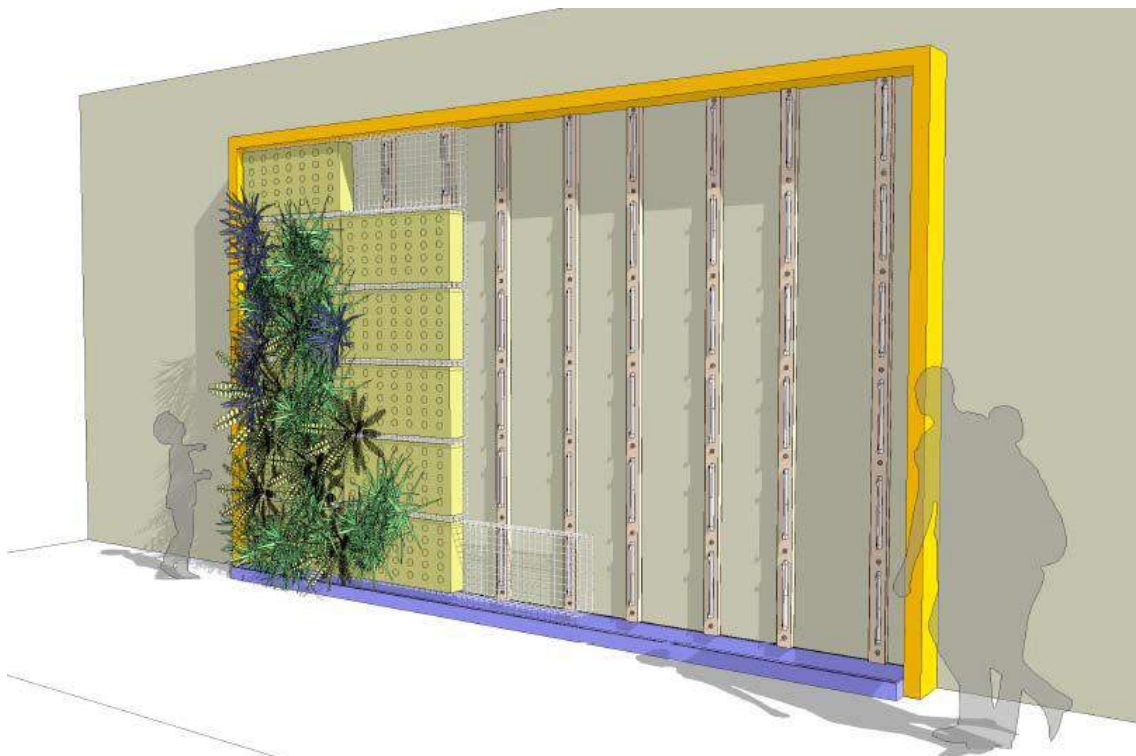


Figura 19 - Esquema de montagem do sistema *Fytowall* em painéis de alumínio pré fabricados. (Retirado de: <http://greenair.co.nz/green-walls/greenair-fytowall>)

Tratando-se de um sistema pré-fabricado, de simples e rápida montagem. Começa-se por fixar os perfis de aço à parede, através de buchas e parafusos, com uma distância de 51 cm (distância exigida pela medida standardizada dos painéis de alumínio que posteriormente encaixarão nestes perfis através de simples ganchos). Os perfis de aço permitem uma caixa-de-ar de 5 cm entre a parede e o sistema de parede viva, o que permitirá a circulação de ar, útil para o arrefecimento do ar naquela zona. As medidas standardizadas dos painéis de alumínio são de 100 cm de largura, por 49 cm de altura e 14 cm de profundidade, onde o peso do sistema saturado de água mas sem plantas poderá chegar aos 88 Kg/m<sup>2</sup>. (Mir, 2011)

#### **d) Tipo blocos pré fabricados Cerâmicos - Sistema Green Wall Ceramic**

O *Green Wall Ceramic* consiste no pré fabrico de tijolos cerâmicos não estruturais com cavidades próprias para a colocação do substrato das plantas. (GREENWALL CERAMIC, 2012)

Os tijolos com dimensões de 29 cm de largura, 25 cm de altura e 19 cm de profundidade são montados através de argamassa de cimento, sempre encostados a uma parede estrutural. Esta última deverá possuir condições apropriadas à colagem dos tijolos, o que na eventualidade de possuir tinta ou outros revestimentos deverão ser retirados. Após a sua montagem é necessário proceder à sua impermeabilização, a fim de evitar eventuais permeabilizações para o interior do edifício. Poder-lhe-á ser implementado um sistema de rega através de goteje (este não vem incluído com o produto *Green Wall Ceramic*). Uma vez montado, o sistema poderá ser pintado de cores desejadas, este passo só faz sentido caso se opte por jardins com pouca densidade de plantas. (GREENWALL CERAMIC, 2012)

A forma prática como poderá ser montada, uma vez que qualquer técnico de construção o poderá fazer, e os seus custos reduzidos são as suas principais vantagens. A sua desvantagem prende-se com o fato de só ser recomendado pelo fabricante para alturas máximas de 2,5 m. Para alturas superiores são recomendados estudos estruturais o que implicará maiores custos e sistemas auxiliares de estruturamento. (GREENWALL CERAMIC, 2012)



Figura 20- Unidade de tijolo cerâmico *Wall Green Ceramic* e o seu sistema de rega incorporado e imagens de Jardins Verticais conseguidos com este sistema (Retirado de: D'Addezio, s.d.)

#### e) Sistema TERRAWALLY

Este sistema é fabricado num tecido semelhante ao feltro mas com propriedades superiores que permite que sejam efetuadas as trocas gasosas pela porosidade frontal dos sacos. É, também, composto por uma membrana interior feita a partir de garrafas de plástico usadas seguindo normas e padrões do departamento de engenharia militar EUA que impede a passagem de humidade para a zona em contacto com a parede ou estrutura onde o saco TERRAWALLY é instalado.

É um sistema que utiliza terra vegetal como suporte para as plantas.

O sistema TERRAWALLY dispensa uma manutenção permanente, sendo a rega manual ou por gotejamento.

A sua instalação é feita diretamente na parede ou estrutura. Devido às suas características é fácil de se moldar podendo-se acrescentar módulos para se assegurar a cobertura desejada.

Isolamento térmico comprovado, com reduções de 5-10° C no interior dos edifícios, obtendo-se deste modo uma economia significativa no consumo energético.


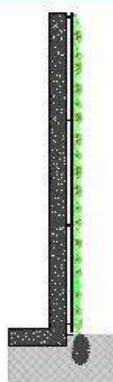
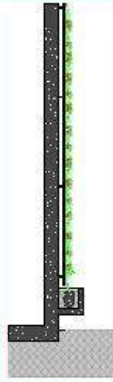

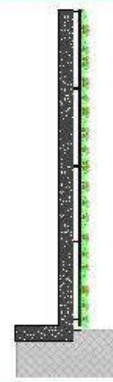
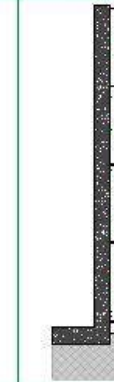
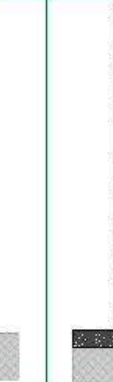


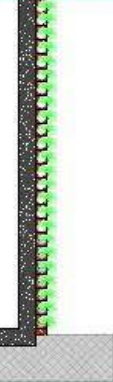
Devido à sua composição e configuração, TERRAWALLY é ideal para áreas exteriores sem requerer um isolamento da parede ou estrutura adicional. (TERRACELL, 2013)



Figura 21: Sistema Jardim vertical TERRAWALLY



Tabela 3 – Tabela síntese dos tipos de Jardins Verticais (Tabela pelo autor)

	Fachadas Verdes				Paredes Vivas					
	Plantadas no solo		Plantadas em caixa de Substrato		Sistema: -Hidrópico - Substrato Ligeiro - Muro-Cortina	Tipo Caixa de Substrato "Ecoparede"	Tipo caixa de suporte plástico "Wallgreen"	Tipo painel de alumínio "Fytowall"	Tipo blocos cerâmicos "Green Wall Cerâmico"	Sacos Terrawally
	Auto-apego	Independente da parede	1 Nível	2 ou mais níveis						
Ilustração										
Tipo	Directo	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Indirecto	Directo	Directo
Enraizamento	Solo	Solo	Caixa	Caixa	Bolsas	Caixa	Vasos	Caixas	Caixas	Bolsa
Substrato	Terra	Terra	Terra	Terra	Filtro	Terra	Terra	Aminoplasto	Terra	Terra
Sistema de Suporte	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Opcional
Tipo de plantas	Trepadeira	Trepadeira	Trepadeira	Trepadeira	Arbustivas	Arbustivas	Arbustivas	Arbustivas	Arbustivas	Arbustivas
Caixa-ce-ar	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
Alt. máx. da parede	30m	30m	30m	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado
Sistema de rega	Natural	Natural	Gotejamento	Gotejamento	Gotejamento	Gotejamento	Gotejamento	Gotejamento	Gotejamento	Gotejamento
Manutenção	Poda	Poda	Poda	Poda	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição	Poda e substituição
In situ	X	X	X	X	X				X	X
Pré-fabricado		X	X	X		X	X	X		X

### 3.3. Sistemas de Rega Utilizados nos Jardins Verticais

Quase nenhum jardim vertical pode sobreviver sem um sistema de irrigação, principalmente em zonas quentes. É também um fator económico importante, no ponto de vista do bom desenvolvimento do jardim e a fim de evitar a morte de plantas por motivos de seca.

Torna-se impossível precisar a quantidade de água necessária para um jardim vertical, no entanto, as suas necessidades de rega variam consoante determinados fatores como a exposição, o clima da região, as plantas aplicadas, para além do sistema de jardim vertical aplicado. Para tais fatores existem diferentes sistemas capazes de responder da melhor forma possível as exigências do bom desempenho das plantas. (Vialard, 2010)

Se possível, podem-se escolher sistemas concebidos a pensar nas questões ambientais, uma vez que existem soluções quanto ao aproveitamento das águas pluviais ou mesmo reaproveitamento da própria água já usada na rega. A água pode ser armazenada na base da fachada ou, para evitar gastos relacionados com o bombeamento de água, também se poderá optar por sistemas de gotejo por gravidade onde, por exemplo, as águas da chuva são catadas e armazenadas em locais da cobertura mais altos em relação ao jardim vertical. (Lopes, 2014)

O aproveitamento direto da água da chuva não é aconselhado, uma vez que a água poderá eventualmente conter substâncias prejudiciais á saúde da planta. Aconselha-se vivamente o seu armazenamento em recipientes próprios, onde posteriormente se faça a sua correção e eventual adição de nutrientes. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008)

Em países como Canadá ou Austrália, onde os jardins verticais são uma constante e as questões ambientais estão na ordem do dia, são usados sistemas de uso de águas das lagoas, estas em contato com espécies vegetais ou animais, como plantas aquáticas ou peixes. Essa água percorre o sistema e no final regressa ao seu lugar de origem. Nestes casos, os custos associados á rega são reduzidos, uma vez que só há gastos relacionados com bombeamento das águas.

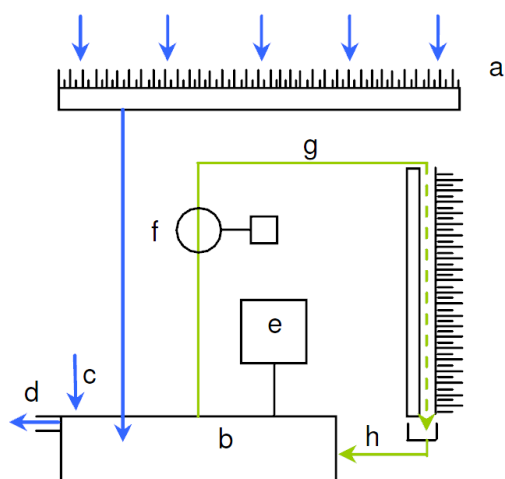


Figura 22- Esquema explicativo de um sistema de rega com aproveitamento de águas pluviais, onde estas são tratadas antes do processo: (retirado de: (GERHARDT & VALE, 2010)

- a. Cobertura ajardinada;
- b. Depósito de armazenamento e tratamento;
- c. Torneira;
- d. Desbordo;
- e. Fertilizantes;
- f. Bomba de controlo;
- g. Solução de nutrientes para as plantas;
- h. Retorno

### 3.3.1. Sistemas de rega para Fachadas Verdes

Este conceito de jardins verticais é característico pela sua simplicidade de construção e no que diz respeito ao seu sistema de rega também o é. No caso em que o substrato das plantas está no solo junto da fachada, não necessita de sistema próprio de rega, uma vez que poderá ser regado como outro jardim vulgar. No caso de se optar por um sistema automático, esse poderá acontecer por goteje junto do pé da planta. (Vialard, 2010)

Para o caso dos sistemas em que a plantação é feita em caixas suspensas, já implicará um sistema automático, uma vez que não beneficiam da recolha natural de nutrientes vindos do solo. Mas mesmo para estes casos o seu sistema será simples, constituindo em vulgares pontos de goteje junto do pé da planta, à semelhança do que acontece no sistema anteriormente referido. (Vialard, 2010)

### 3.3.2. Sistemas de rega para Paredes Vivas

Neste conceito a sobrevivência das plantas está dependente da sua rega por completo. A água será o único meio de fazer chegar os nutrientes à planta, ou mesmo o único para o caso dos sistemas hidrópicos, o que obriga à instalação de permanentes e evoluídos sistemas como forma de responder às suas necessidades. Deverão mesmos ser instalados geradores de energia alternativa para prevenir eventuais falhas. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008)

As frequências e quantidades de rega deverão ainda ser consideradas, tendo em conta as condições ambientais a que a vegetação está exposta. Por exemplo, à noite e no Inverno, as frequências deverão ser diminuídas, enquanto que em períodos de calor ou fortes exposições ao sol deverão ser aumentadas. Durante períodos de gelo, não deverá haver rega, as plantas suportam alguns dias de jejum, caso contrário poderá danificar o sistema, para além de poder ainda danificar as raízes das plantas. (Vialard, 2010)

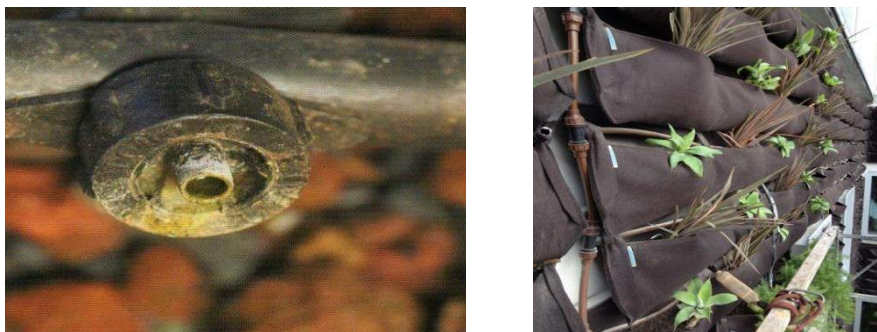


Figura 23 - a) Ponto de goteje com regulação, para um melhor controlo da quantidade e frequência de água usada na rega. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008) b) Sistema de rega por gotejamento usado no sistema TERRAWALLY. (TERRACELL, 2015)

### 3.3.2.1. Sistemas de rega para Paredes Vivas

Os sistemas de rega para paredes vivas do tipo pré-fabricado, são previamente pensados e desenvolvidos para uma simples e rápida montagem no local, os mesmos vêm já preparados com o seu próprio sistema de rega geralmente por gotejamento. É o que acontece por exemplo com os sistemas tipo caixa de substrato, onde a água encaminhada por tubos é posteriormente libertada por pequenos orifícios do mesmo. Este fenómeno acontece ao longo de vários níveis, dependendo da altura da estrutura. (Mir, 2011)

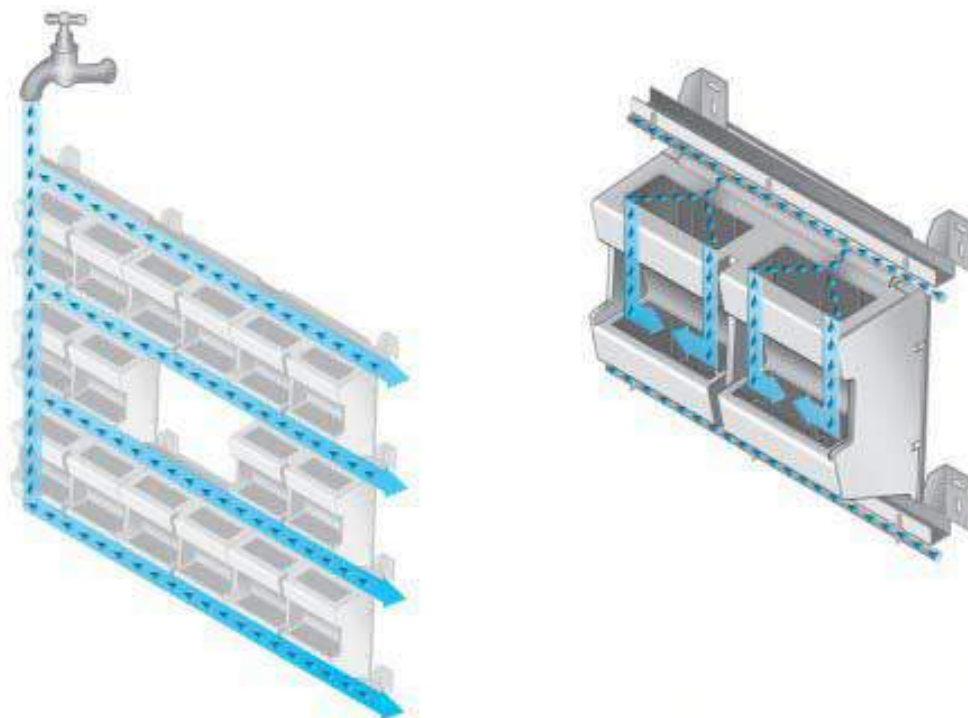


Figura 24- A água é libertada na parte superior da Parede Viva, onde por gravidade chega a todos os compartimentos. (Mir, 2011)

Para o caso dos conceitos formados por caixas de suporte de vasos de plantação, para os sistemas à base de painéis de alumínio e blocos cerâmicos pré-fabricados, são usados sistemas do género.



### *3.3.2.2. Sistemas de rega Paredes vivas produzida “in situ”*

Este é o sistema de jardim vertical que implica o sistema de rega mais complexo, mais frequente e isento de falhas, principalmente para as paredes hidrópicas, uma vez que um momento de isenção de humidade poderá provocar imediata secagem das plantas. (Garrido, 2011)

A estrutura do sistema de rega (tubos) dever-se-á envolver por entre as camadas de feltro, ou outro, a fim de se tornar invisível. A cada sequência, o substrato deve ser uniformemente molhado, devendo ainda estar ligeiramente húmido no momento no início da próxima sequência. Deve adquirir-se de preferência um sistema eletrónico regulável, para melhor se adaptar as frequências e tempos pretendidos. (Vialard, 2010)



**Figura 25- Tubo de abastecimento de rega escondido por de trás do feltro de plantação. (Vialard, 2010)**

Este é o sistema de rega mais vulgar para este tipo de paredes vivas, mas já existem outras opções. O edifício Harmonia 57 em São Paulo, representado na figura 27, é referência pelo seu conceito sustentável e pelo uso de paredes vivas, mas ainda por usar um sistema de rega fora de vulgar. A água da chuva é aproveitada e tratada, onde posteriormente uma série de tubos pela parte de fora, vaporizam a parede em forma de névoa. Este conceito poderá ter a desvantagem de desperdício de água e nutrientes, uma vez que por gravidade ou por forças do vento, parte da água não chega às plantas. (Barahona, 2009)



Figura 26- sistema de rega pouco vulgar e muito original, usado no edifício Harmonia 57 em São Paulo. (Barahona, 2009)

### 3.4. Manutenção dos Jardins verticais

Todos os projetos de jardins verticais, quer das fachadas verdes como das paredes vivas, implicam algum grau de manutenção, visto tratar-se de sistemas vivos. Esta deverá ser de forma periódica, quer se trate de podas, adubações, limpeza de plantas invasoras ou mesmo substituição causada por morte de algumas plantas. A quantidade de manutenção variará tendo em conta o tipo de jardim instalado ou o tipo de vegetação adquirida. (Florentino, 2011) (Mir, 2011)

No entanto as opiniões divergem. Por exemplo segundo aquele que é considerado o botânico com mais experiencia na execução de jardins verticais, Patrick Blanc, uma grande diversidade de espécies é a receita básica para manter um jardim vertical vivo. Essa diversidade, para além do seu efeito decorativo, ajuda na prevenção de doenças e contra a proliferação de insetos nocivos. No seu entender, um jardim vertical é um mini ecossistema independente, um espaço silvestre dentro de um ambiente urbano, altamente artificial. (Blanc, The Vertical Garden. Norton & CO., 2008)

Divergências de opinião à parte, apresentam-se alguns passos aos quais se procede na manutenção de um jardim vertical que poderá ser direta e indireta. Direta quando se trata por exemplo de poda ou requalificação do sistema, indireta por exemplo da rega ou na adubação a fim de prevenir problemas que condicionem a vida do jardim. (Ottelé, 2011)

A inspeção estrutural deverá ser adotada por ambos os tipos de jardins verticais, de uma forma preventiva. O fato de conhecer os problemas que hipoteticamente poderão ocorrer, é um passo rumo á sua prevenção. É necessário conhecer o sistema e ter máxima atenção

quanto á sua performance, garantir que a sua estabilidade seja garantida e que não ponha em causa outras circunstancias mais graves como a estrutura do próprio edifício. (Irwin, 2008)

### 3.4.1. Fachadas Verdes





Este tipo de jardim vertical geralmente usa plantas à base de trepadeiras ou videiras que poderão crescer através do solo ou de caixas de plantação, o que cada qual implicará diferentes formas de manutenção. (Mir, 2011)

Às fachadas verdes estão associados frequentes processos de rega e adição de nutrientes, que geralmente se faz através da primeira. Com menor intensidade estão compreendidas tarefas de manutenção como poda e educação dos ramos, numa tentativa de controlar a correta trajetória e dimensão da vegetação. Algumas espécies como videiras ou plantas para a produção de determinadas flores poderão ainda necessitar de cuidados de manutenção adicionais. (Mir, 2011)

Tanto os sistemas de cabos como de painéis modulares necessitarão constantemente de inspeções a fim de garantir a saúde do sistema. Eventualmente por vezes necessitarão de reajustamentos na tensão dos cabos ou mesmo sua substituição.

A falta ou deficiente manutenção poderá originar danos irreversíveis, entre alguns exemplos, pode provocar danos na fachada verde, no edifício ou ainda causar a seca de algumas plantas, como se verifica mais detalhadamente na tabela (Ottelé, 2011)

**Tabela 4 - Causas e eventuais consequências da falta de manuten  o das Fachadas Verdes (Adotado de: Irwin, 2010; Mir, 2011; Ottelé, 2011; Perini, Ottelé, Haas, & Raiteri, 2011)**

Aspeto	Causa	Consequ�ncias
	Falta ou deficiente poda	Perda de controlo do homem sobre vegeta��o, apoderando-se esta do edif�cio.
	Falta ou deficiente poda	Penetra��o da vegeta��o em eventuais fendas da fachada, podendo levar � maior dilata��o, causando danos estruturais ao edif�cio.
	Falta de rega ou adi��o de nutrientes	N�o desenvolvimento das esp�cies vegetais ou mesmo a sua morte.
	Insuficiente adi��o de nutrientes	Desenvolvimento de fungos nas plantas podendo conduzi-las � morte.

### **3.4.2. Paredes Vivas**

Devido à densidade e diversidade de vida de plantas nestes sistemas, geralmente requerem um nível de manutenção mais intenso e frequente, comparativamente com sistemas de fachadas verdes. O grau de manutenção poderá ainda depender particularmente das expectativas visuais e de fluorescência que se pretende. (Mir, 2011)

## **3.5. Aspetos a ter em conta na seleção das plantas para os Jardins Verticais**

### **3.5.1. Fatores que interferem na escolha das plantas**

A seleção das plantas para um jardim vertical, é um passo extremamente importante e deverá ser da responsabilidade de experientes botânicos, de forma a melhor compreenderem as necessidades das plantas tendo em conta fatores como o clima local e o sistema de jardim vertical adotado. A sua boa escolha poderá evitar eventuais danos na estrutura do jardim ou mesmo da estrutura do edifício, assim como implicar numa menor manutenção e necessidade de rega. (Garrido, 2011)

Deverão ser tidos em conta importantes aspetos tais como: volume das raízes, formas de crescimento das plantas, comportamento dentro da comunidade vegetal, compatibilidades entre espécies ou mesmo as suas necessidades de rega. Dever-se-á ainda conhecer bem o sistema de jardim adotado, visto que as suas diferentes propriedades obrigam à plantação de diferentes espécies. (Vialard, 2010)

São diversos os aspetos que interferem na escolha das plantas para aplicação em jardins verticais, nomeadamente o sistema adquirido e o ambiente. O primeiro, tal como na seleção das plantas, também já deverá ter sido previamente escolhido conforme o efeito pretendido e o tipo de clima que enfrentará. Após as limitações virá o gosto pessoal, visto que as plantas permitem diferentes cores, texturas e aromas, como é possível observar na figura 28.

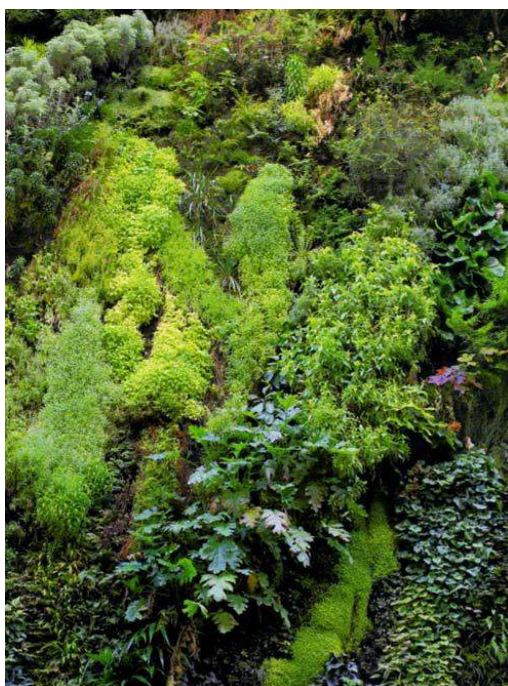


Figura 27 - Sugestão de apresentação de uma Parede Viva, onde é possível fazer interessantes composições, através das diferentes características das plantas. (Groult J. , 2008)

#### ***3.5.1.1. Fatores impostos pelo sistema adquiridos***

Como se verificou, existem dois tipos de jardins verticais, dois conceitos diferentes, as fachadas verdes e as paredes vivas, sendo que cada um destes poderá ser construído de diferentes formas e com os mais diversos materiais. Dai que cada qual interfira na escolha das plantas.

O caso das fachadas verdes implica necessidades e características próprias, uma vez que quer por auto apegos nas paredes ou por apegos nos sistemas de cabos ou redes metálicas, as plantas têm que possuir raízes aéreas e características de rápido crescimento.

No caso das paredes vivas, os fatores de escolha poderão ser ainda mais dificultados uma vez que o substrato é mínimo ou mesmo inexistente em alguns casos. Assim sendo deveram-se procurar plantas que sobrevivam com pouca dependência de nutrientes o que em caso contrário faz aumentar a sua dependência quanto á quantidade de rega. Nestes casos deveram-se procurar plantas de rápido crescimento, reduzidas dimensões e boa combinação entre elas, de forma a se complementarem. Veja-se a figura 29 que mostra plantas com diferentes características, próprias para o tipo de sistema de jardim vertical adquirido. (Garrido, 2011)



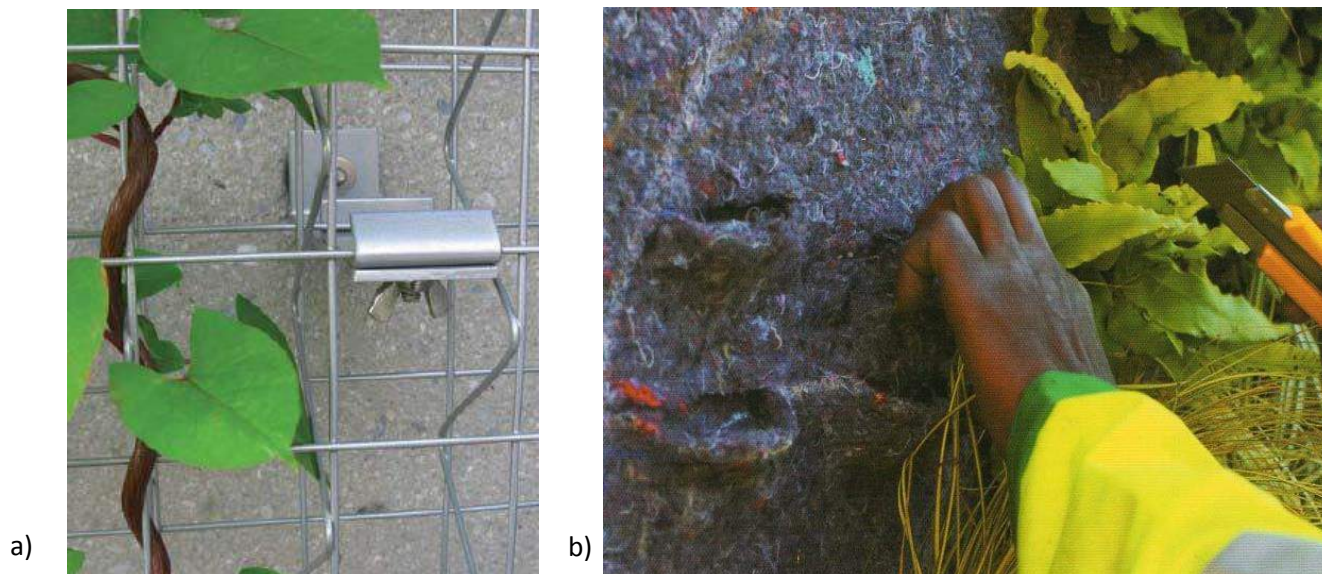


Figura 28- Diferentes estruturas implicam na escolha de diferentes espécies de plantas: a) sistema de Fachada Verde em painéis modulares obriga a uma planta trepadeira b) sistema de Parede Viva executada *in situ* obriga a plantas adaptáveis a condições de limitação de substrato. (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008)

### 3.5.1.2. Fatores impostos pelo clima e condições adversas

Nestes casos a seleção das plantas é imposta tendo em conta o clima associado ao local onde se pretende instalar o jardim vertical, onde se verificam acentuadas diferenças por exemplo com a maior ou menor proximidade com o equador, maior ou menor altitude ou ainda proximidade ou não com o mar. Estes fatores implicam outros como; maior ou menor exposição solar, altas ou baixas temperaturas ou ainda a maior ou menor exposição ao vento. (Groult, 2008; Vialard, 2010)

A forte exposição solar provocará nas plantas uma forte evaporação da água e consequente seca do seu substrato. As plantas para estas circunstâncias deverão ser resistentes à seca e possuir pouca dependência de rega. Contrariamente, a baixa exposição solar, deverá ser combatida com a aplicação de plantas capazes de sobreviver em ambientes pouco iluminados. Para estas condições, as plantas hidrópicas serão de fácil adaptação. (Groult, 2008)

As temperaturas poderão ser grandes inimigas das plantas, por um lado o frio poderá congelar todo o sistema vegetal, em oposição o calor poderá ser responsável pela sua seca. Para os casos de baixas temperaturas dever-se-á optar por plantas rústicas<sup>18</sup>, as quais sobrevivam mesmo com as suas raízes congeladas. Por outro lado, quando se está perante climas demasiado quentes, dever-se-á optar por espécies resistentes às temperaturas elevadas e de baixo consumo de água e nutrientes. (Groult, 2008)

<sup>18</sup> Plantas com elevada resistência a meios extremos

No caso dos locais expostos aos ventos, a vegetação fica desde logo prejudicada pela consequência da secagem do substrato e por forças impostas por correntes de ar que poderão partir algumas folhagens ou mesmo arrancar as plantas. Para tais condições e para combater a primeira consequência, dever-se-á optar por plantas resistentes á seca do seu substrato e para combater a segunda e mais direta consequência, optar por plantas de pequenas e resistentes folhagens, a fim de menor implicância das correntes de ar. (Groult, 2008)




### **3.5.2. Escolha das plantas tendo em conta o tipo de Jardim Vertical**

As plantas possuem diferentes caraterísticas, daí que a sua escolha seja influenciada pelo tipo de jardim vertical adotado.






#### **3.5.2.1. Seleção de plantas para Fachadas Verdes**



A seleção das plantas para este tipo de sistemas, requer uma análise cuidada quanto aos fatores já conhecidos, como a exposição solar e ao vento, assim como à temperatura. Mas aqui exclusivamente há que ter em conta o tipo e quantidade de solo disponível, assim como características de caducidade ou permanência das folhagens ou efeitos visuais. A tabela 5 apresenta algumas das plantas mais adequadas para aplicação em fachadas verdes, assim como algumas das suas caraterísticas. (Greenscreen, 2015)

Tabela 5 -Tabela de plantas comuns e adequadas para a realização de Paredes Vivas (Groult J. M., 2008) (Mir, 2011)

Nome da planta	Representação	Principais caraterísticas	Tipo de folhagem
<i>Parthenocissus heterophylla</i>		Rápido crescimento; bons escaladores	Perene
<i>Campsis grandiflora</i> AN.		Fácil propagação; flor; fácil tratamento	Caduca
<i>Ficus carica</i>		Moderado crescimento; pouca necessidade de rega	Caduca
<i>Rochelospermum jasminoides</i> Asic		Perfumado; flore	Perene
<i>Bougainville sp</i>		Rápido crescimento; flor; pouca necessidade de rega	Perene







Nome da planta	Representação	Principais características	Tipo de folhagem
<i>Eunymus fortune</i>		Crescimento moderado; frequente necessidade de rega	Perene/caduca
<i>Ipomoea nil trofus</i>		Rápido crescimento; flores vistosas; necessidades de água	Caduca
<i>Pomea quamoclit</i>		Rápido crescimento; Florescem; agradável efeito estético	Perene
<i>Wisteria sinesis</i>		Rápido crescimento; flores azul-violeta, vistosas e perfumadas	Caduca
<i>Hedera helix</i>		Bons escaladores; ótimos para o auto apego; flores pequenas e discretas	Perene

Nome da planta	Representação	Principais caraterísticas	Tipo de folhagem
<i>Lonicera japonica</i>		Rápido crescimento; rega regular; flores perfumadas e vistosas	Caduca
<i>Ipomoea batatas</i>		Rápido crescimento; rega regular; flor discreta; ótimo para cascata	Caduca




### 3.5.2.2. Seleção de Plantas para Paredes Vivas

Tratando-se de sistemas em que o substrato das plantas é reduzido ao máximo ou mesmo inexistente em alguns casos, é necessário ter especial atenção na escolha das plantas, a fim da sua sobrevivência e melhor desempenho. Veja-se alguns exemplos na tabela 5, assim como as suas principais características. (Garrido, 2011)

Tabela 6 - Tabela de plantas comuns e adequadas para a realização de Paredes Vivas (Groult, Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur, 2008) (Mir, 2011)

Nome da planta	Representação	Principais características	Tipo de folhagem
<u><i>Acorus calamus</i></u>		Rápido crescimento; planta resistente; estilo rústico; necessidade do solo húmido	Herbáceo
<u><i>Agrostis</i></u>		Rápido crescimento; textura fina; efeito ilusão de cascata	Herbáceo
<u><i>Begonia evansiana</i></u>		Extremamente rústica e resistente ao frio; Florescem	Permanente
<u><i>Corydalis</i></u>		Crescimento moderado; floresce da primavera ao Outono; muito perfumada; solo húmido	Herbáceo

Nome da planta	Representação	Principais caraterísticas	Tipo de folhagem
<u><i>epimediums</i></u>		Moderado crescimento e necessidade de água; florescem	Herbáceo
<u><i>Heuchères</i></u>		Crescimento moderado; ideais para cobrir paredes na totalidade; frequente necessidade de rega	Permanente
<u><i>Lysimachia nummularia</i></u>		Rápido crescimento; abundante necessidade de água; florescem no verão	Permanente
<u><i>ophiopogon</i></u>		Crescimento moderado; abundante necessidade de água; florescem	Permanente
<u><i>Renouées</i></u>		Formam um grupo homogêneo; florescem	Permanente

Nome da planta	Representação	Principais caraterísticas	Tipo de folhagem
<u><i>Saxifrage tomentosa</i></u>		Excelente adaptação a paredes hidrópicas; fácil propagação	Permanente
<u><i>Dracaena</i></u>		Florescem no início do verão; baixa manutenção	Permanente
<u><i>Chinese evergreen</i></u>		Baixo crescimento; alta durabilidade; agradáveis ao olhar	Permanente

### 3.6. Vantagens e Desvantagens dos Jardins Verticais

Tratando-se de um tema bastante atual e pouco desenvolvido, torna-se por vezes difícil compreender as verdadeiras vantagens ou desvantagens dos Jardins Verticais, sobretudo compreender a sua relação custo/benefício, uma vez que existe controvérsia de opiniões de vários autores.

Alguns benefícios são partilhados por quase todos os tipos de Jardins Verticais, designados por “benefícios comuns”, enquanto que outros são função do objetivo de determinado design/fornecedor, designados “benefícios específicos”. Existe ainda outra categorização dos benefícios dos jardins verticais, dividindo-os em benefícios privados e públicos, visto que alguns dos benefícios são para o próprio edifício e seus ocupantes, enquanto que outros são para a envolvente urbana e respetivos ocupantes.

A tabela 7 classifica alguns dos benefícios dos jardins verticais para a envolvente:

**Tabela 7 - Benefícios para a envolvente de acordo com o tipo de Jardim Vertical (Adaptado de: (GERHARDT & VALE, 2010)**

	Fachada Verde		Parede Viva	
	Folha permanente	Folha caduca	Hidropónico	À base de Substrato
Efeito "Ilha de calor"	++	++	+++	++
Retenção de Água	+	+	+++	+++
Isolamento térmico (Inverno)	+	-	++	++
Isolamento térmico (Verão)	++	++	++	++
Absorção sonora	+	+	++	+++
Vida selvagem	++	++	++	+++
Absorção de poeiras	+	+	++	++
Legenda: - Não influencia +pequena influência ++ Influencia significativa +++ Forte influência				

O uso destas estruturas verdes tem grande potencial para uma mudança ambiental positiva em zonas urbanas densas, particularmente devido às grandes áreas de superfície dos edifícios que estão disponíveis para adaptar usando esta tecnologia. Por exemplo as emissões que se concentram num parque automóvel de vários andares podem ser reduzidas pela presença de áreas com grande folhagem. Um jardim vertical com grande massa de folhagem de plantas pode absorver dióxido de carbono e partículas de metais pesados, como mostra a figura 31, enquanto faz sombra a estas grandes estruturas. Os benefícios resultantes dependem principalmente de fatores de design, densidade de folhagem, condições de local e escala do projeto. (Ottelé, 2011)



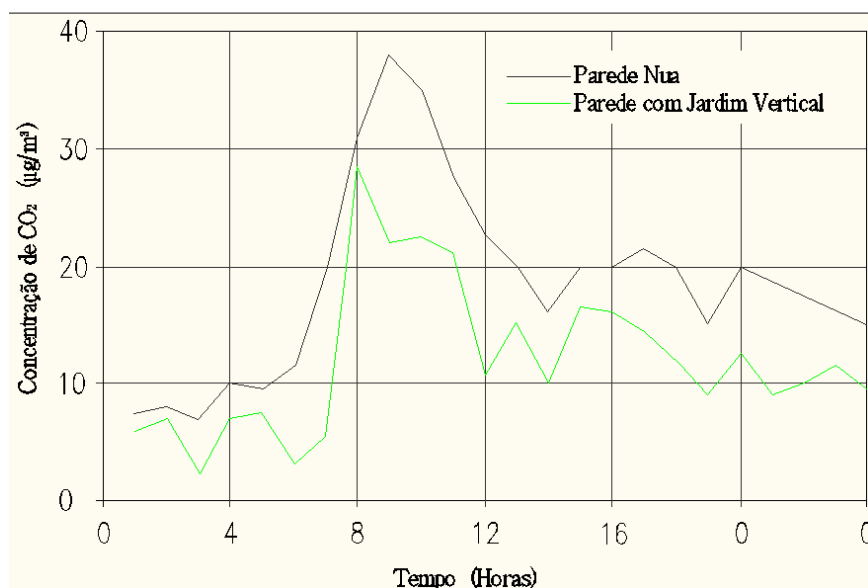


Figura 29- Concentração média de CO<sub>2</sub> num parque de estacionamento (Stuttgart-Vaihingen) em parede com ou sem vegetação - adaptado (Ottelé, 2011)

Os benefícios dos jardins verticais são inúmeros, classificando-se em benefícios, para a envolvente urbana, para o próprio edifício ou para os dois em simultâneo. Como benefícios para a envolvente urbana do edifício destaca-se a redução do efeito ilha de calor, o aumento da biodiversidade, a melhoria da qualidade do ar exterior, assim como um melhoramento da estética do edifício e envolvência do mesmo com uma imagem natural, com vantagens para o conjunto urbano. Como benefícios para o próprio edifício destaca-se o contributo para a eficiência energética, a proteção da estrutura do próprio edifício, as melhorias na qualidade do ar interior, a proteção acústica, benefícios assim como benefícios em termos económicos e valorização do edifício.

Na tabela 8 apresenta-se uma descrição dos benefícios públicos e privados, respetivamente, dos jardins verticais.

Tabela 8: Benefícios públicos do uso de Jardins Verticais adaptado de (Ottelé, 2011)

Área de impacto	Descrição	Benefícios
<b>Redução do "efeito de ilha"</b>	A temperatura nas áreas urbanas cresce devido à substituição da vegetação natural por pavimentos, edifícios e outras estruturas necessárias para acomodar as crescentes populações. A vegetação arrefece os edifícios e as áreas circundantes através do processo deshading, reduzindo o calor refletido e a evapotranspiração.	Promove processos de arrefecimento natural; Reduz a temperatura ambiente nas áreas urbanas; Quebra a corrente de ar vertical que refresca o ar ao abrandá-lo; Sombra para as pessoas e as superfícies.
<b>Aumento da biodiversidade</b>	Em qualquer cidade, uma parede nua pode ser transformada num jardim vertical, representando uma maneira de acrescentar elementos naturais a lugares onde estes foram uma vez removidos pelo homem.	Permite recriar um sistema semelhante a ambientes naturais; Possível recriar paisagens naturais; Refúgio importante para a biodiversidade.

Área de impacto	Descrição	Benefícios
<b>Melhoria da qualidade do ar exterior</b>	As elevadas temperaturas nos modernos ambientes urbanos com contínuo aumento da quantidade de veículos, ares condicionados e emissões industriais levaram a um aumento dos óxidos de nitrogénio (NOx), óxidos de enxofre (SOx), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono (CO) e partículas em suspensão.	Captura de partículas poluentes existentes no ar e deposição atmosférica nas folhagens das plantas; Filtragem de gases nocivos e partículas em suspensão; Um jardim vertical consegue absorver CO <sub>2</sub> , ao passo que liberta O <sub>2</sub> ; Uma fachada de 80m <sup>2</sup> , poderá absorver cerca de 60Kg/ano de CO <sub>2</sub> ;
<b>Estética do edifício</b>	Os jardins verticais providenciam uma variação num ambiente onde as pessoas fazem o seu quotidiano. Numerosos estudos ligam uma melhor saúde e bem-estar geral à presença de plantas. A saúde humana sai a ganhar com a envolvimento do mesmo na Natureza.	Cria interesse visual; Oculta características visuais desagradáveis; Aumenta o valor das propriedades; Providencia elementos estruturais livres e interessantes; Quebram a monotonia das cidades; Proporcionam oportunidade de contato com a natureza aumentando a sensação de conforto e diminuindo o stress, pressão arterial e tensão muscular;

Os jardins verticais poderão assumir um papel fundamental no meio urbano. A carência de estruturas e superfícies verdes nas cidades vai-se degradando ao longo do tempo, podendo os jardins verticais assumirem-se como alternativa, cobrindo as indesejáveis superfícies “cinzentas” das fachadas do edificado, assim como potenciarem o aumento da biodiversidade e melhorando a qualidade do ar. (Ottelé, 2011)

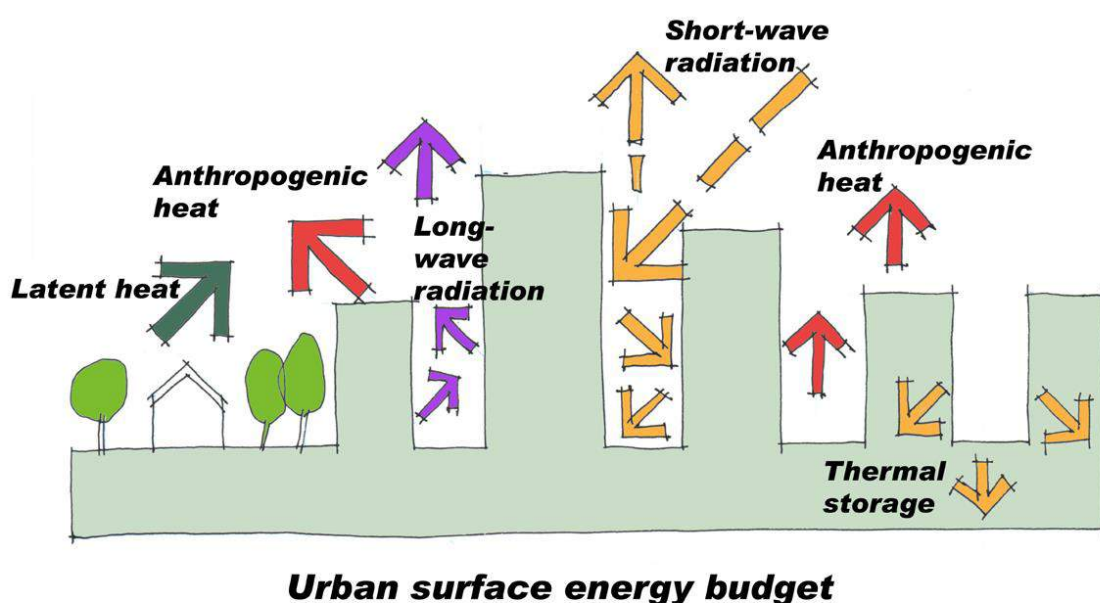


Figura 30- alguns dos benefícios dos Jardins Verticais no contexto da cidade retirado de: Hopkins *et al*, 2010)



Tabela 9: Benefícios privados do uso de Jardins Verticais adaptado de (Ottelé, et al, 2001)

Área de impacto	Descrição	Benefícios
<b>Eficiência energética melhorada</b>	A temperatura nas áreas urbanas cresce devido à substituição da vegetação natural por pavimentos, edifícios e outras estruturas necessárias para acomodar as crescentes populações. A vegetação arrefece os edifícios e as áreas circundantes através do processo de shading, reduzindo o calor refletido e a evapotranspiração.	Aprisiona uma massa de ar dentro da camada vegetal; Limita a circulação de calor através de densas massas de vegetação; Reduz a temperatura ambiente através do sombreamento e do processo de evapotranspiração das plantas; Pode criar um amortecedor contra o vento durante os meses de inverno; As aplicações interiores podem reduzir a energia associada ao aquecimento e arrefecimento do ar exterior para uso interno;
<b>Proteção da estrutura do edifício</b>	Os edifícios estão expostos às condições climáticas adversas e ao longo do tempo alguns dos materiais de construção orgânicos podem começar a quebrar, como resultado da contração e expansão devido aos ciclos de congelamento/descongelamento e à exposição aos raios UV.	Protege os acabamentos exteriores da radiação UV, dos elementos e flutuações de temperatura que desgastam os materiais; Podem beneficiar o selar ou a junção das portas, janelas e revestimentos, diminuindo o efeito da pressão do vento; Proteção contra intempéries.
<b>Melhoria da qualidade do ar interior</b>	Para projetos de interiores, os jardins verticais têm a capacidade de filtrar contaminantes que são regularmente enviados para fora dos edifícios através dos tradicionais sistemas de ventilação. A filtração é realizada pelas plantas, e no caso de bio filtração, microrganismos.	Captura de poluentes no ar tais como poeira e pólen; Filtração de gases nocivos e COV's de tapetes, móveis e outros elementos de construção.
<b>Regulação acústica</b>	A vegetação dos jardins verticais contribui para a redução dos níveis de som que são transmitidos ou refletem através da parede. Os fatores que influenciam a redução de ruído são a profundidade do substrato, os materiais utilizados como componentes estruturais do sistema, e a cobertura global.	Isolamento contra ruídos; Redução de reflexões sonoras.
<b>Marketing</b>	A melhoria estética do edifício pode contribuir para pôr um projeto no mercado e proporcionar uma comodidade preciosa ao espaço.	No futuro podem possibilitar a obtenção de incentivos e benefícios económicos e fiscais, á semelhança do que já acontece na Alemanha, Áustria e Suíça
<b>Económicos</b>	Apesar da sua importância, esse aspeto ainda é pouco pesquisado, embora possa ser o argumento definitivo numa tomada de decisão. As poucas evidências empíricas provam porém que ao se reduzir o uso de aparelhos de ar condicionado ou aquecimento se poupa no consumo de energia.	Diminuição do consumo de energia; Aumento do valor da edificação no setor imobiliário e em suas imediações

Com a aplicação destas estruturas verdes o edifício torna-se ecologicamente mais sustentável, trazendo inúmeros retornos financeiros para o utilizador. Veja-se o exemplo da figura 31, que representa através de setas o efeito da incidência dos raios de sol e consequente aquecimento nas diferentes superfícies. No caso das incidentes na cobertura (na ausência de vegetação) parte da radiação é refletida, a outra passa para o interior, provocando o aquecimento do ar e

consequente desconforto. No caso da incidência da parede (com vegetação) o calor é absorvido pelas plantas, impedindo a sua penetração para o interior, proporcionando desejáveis níveis de conforto térmico interior, sem recurso a equipamentos de arrefecimento e consequentes dispêndios energéticos (Graeme Hopkins; Christine Goodwin; Milos Milutinovic; Michael Andrew, 2012)

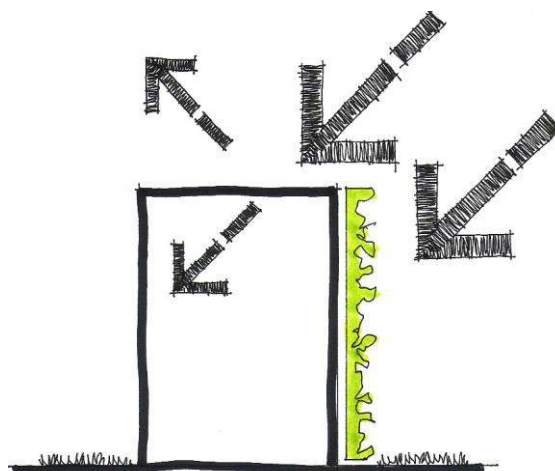


Figura 31- Os jardins Verticais funcionam como barreira térmica para o edifício (Retirado de: Hopkins *et al*, 2010)

Este tipo de vantagem pode não se traduzir num valor exato. Está dependente do tipo de clima onde se encontra o edifício, mas sobretudo do tipo de estrutura adotada, visto que possuem diferentes propriedades, se bem que semelhantes. Veja-se a explicação da tabela 10 que recorre à tecnologia informática para uma aproximação mais exata dos valores de poupança energética. (Perini, et al, 2011)

Tabela 10- Economia de energia (calculada com Termo de software informático) para poupança energética no aquecimento; descida da temperatura e poupança energética no arrefecimento para clima Mediterrânico ou Temperado (Perini, 2011)

Tipo de Sistema de Jardim Vertical	Benefício	Clima Mediterrânico	Clima Temperado
<b>Fachada Verde de Auto apego</b>	Poupança energética no aquecimento	1,20%	1,20%
	Descida da temperatura	4,5°C	2,6°C
	Poupança energética no arrefecimento	43%	-
<b>Fachada Verde com independência da parede</b>	Poupança energética no aquecimento	1,20%	1,20%
	Descida da temperatura	4,5°C	2,6°C
	Poupança energética no arrefecimento	43%	-

<b>Paredes Vivas em sistemas pré-fabricados</b>	Poupança energética no aquecimento	6,30%	6,30%
	Descida da temperatura	4,5°C	2,6°C
	Poupança energética no arrefecimento	43%	
<b>Paredes Vivas produzidas <i>in situ</i></b>	Poupança energética no aquecimento	4%	4%
	Descida da temperatura	4,5°C	2,6°C
	Poupança energética no arrefecimento	43%	-

Ainda numa tentativa de melhor entender os fatos resultantes do ajardinamento da fachada de um edifício, como representado na figura 32:

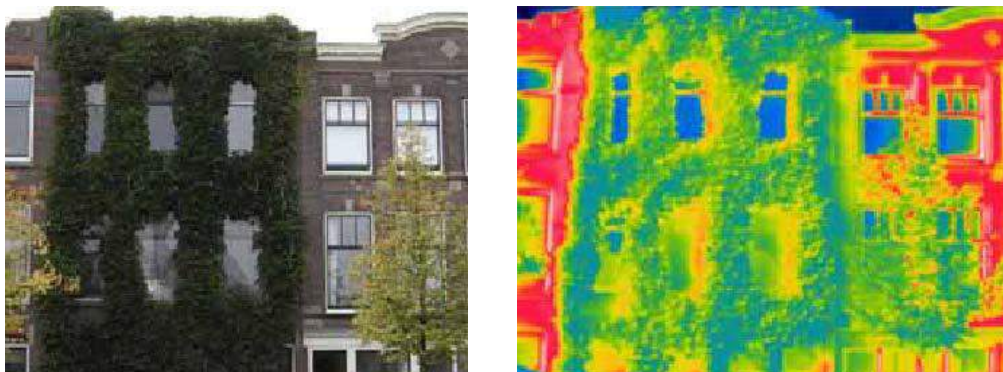


Figura 32: Fachada com aplicação de vegetação - resultados através de uma câmara de infravermelhos a uma temperatura de 21°C. (Ottelé, 2011)

Através das imagens são visíveis os benefícios em termos de controlo térmico do edifício. Veja-se a diferença entre as zonas cobertas por vegetação e as que não a possuem. A cor verde e azul representa má permeabilidade às trocas de temperatura do interior com o exterior, contrariamente ao amarelo e vermelho. Desta pode-se mais uma vez comprovar a eficiência da vegetação no que confere à regulação térmica do edifício. (Ottelé, 2011)

No entanto, os jardins verticais por muito vantajosos que possam ser apresentam também algumas desvantagens. A crítica comum aos jardins verticais é que os custos de construção e manutenção não são compatíveis com os benefícios gerados. Ainda não há muitos dados empíricos que demonstrem efetivamente os benefícios, principalmente ao ambiente envolvente. Muitos dos benefícios supracitados são baseados em experiências com coberturas verdes e, portanto, trata-se mais de uma transposição dos resultados.

Numa análise comparativa entre os preços de uma parede convencional em alvenaria com caixa-de-ar e uma parede viva, há uma diferença significativa. Enquanto as primeiras têm custo médio de construção que ronda os 50 – 150 € /m<sup>2</sup> as paredes vivas fixam-se nos 300 -500€ /m<sup>2</sup>. Além disso, as estruturas verdes têm ainda custos adicionais de manutenção, constante reposição de plantas e a necessidade de rega e nutrientes. (TERRACELL, 2013)

Dai que o seu uso só se justifique por razões políticas, simbólicas e visuais, depois de uma comparação custo/benefício.

No entanto, os jardins verticais bem como outras estruturas ajardinadas são uma constante em projetos de construção de edifícios, talvez pela maior consciencialização da necessidade da introdução do elemento vegetal como material construtivo. Nesta ótica e com a crescente tendência para a utilização destas estruturas os valores (€/m<sup>2</sup>) tendem a baixar. Para além desta tendência os governos deverão criar políticas de incentivo financeiro de forma a tornar o espaço público mais natural e gerador de relação humana com a natureza. (TERRACELL, 2013)

### **3.7. Política de Incentivo aos Jardins Verticais e lições para Portugal**

Os benefícios dos Jardins Verticais são já conhecidos um pouco por todo o mundo, destacando-se países como a Alemanha, França, Holanda, Japão, Austrália, E.U.A., Canadá e Singapura, que promovem a aplicação de jardins verticais através das suas políticas de incentivo financeiro e informativo. No entanto, em Portugal os exemplos são ainda reduzidos, havendo carências de incentivo e informação a este conceito como forma de propagação dos seus potenciais a nível ambiental. (Aragão, 2011; GERHARDT & VALE, 2010)

Na Alemanha, várias cidades já contam com programas de incentivo às construções mais ecológicas, o que inclui os jardins verticais, a fim de melhorar o ambiente urbano. Supõe-se que no futuro estes se tornem numa urgência, como já acontece com as coberturas ajardinadas.

Na Austrália, na cidade de Melbourne, organismos públicos e privados uniram-se numa tentativa de criar mais coberturas ajardinadas. Em 2009, a cidade lançou um apelo para que os proprietários dos imóveis possam candidatar-se à construção gratuita dos mesmos, em contrapartida terão que suportar futuras despesas de manutenção. Tendo em conta os contributos dos jardins verticais para o ambiente das cidades, é de prever que muito em breve o mesmo aconteça para este tipo de infraestrutura verde, numa tentativa de melhorar a qualidade do ar e provar que a natureza pode coexistir com o ambiente construído. (Graeme Hopkins; Christine Goodwin; Milos Milutinovic; Michael Andrew, 2012)

O mesmo país destaca-se ainda pela criação de artigos periódicos (*Feasibility Study: Living wall system for multi-storey buildings in the Adelaide climate*), financiados pelo seu governo, como forma de promover os jardins verticais, a fim de reduzir a sua pegada de carbono. (Graeme Hopkins; Christine Goodwin; Milos Milutinovic; Michael Andrew, 2012)

Em Itália, na cidade de Faenza, está implementado um programa de incentivo aos desenvolvedores de práticas biológicas na cidade. O programa visa a poupança de energia, desenvolvimento de qualidade estética dos bairros, para além de criar melhores condições micro climáticas, para se preparar para as futuras altas temperaturas, associadas à mudança climática. Estes incentivos destinam-se a aumentar as estruturas verdes, tanto nas coberturas nas fachadas, como no espaço envolvente aos edifícios, tendo em conta os seus benefícios já comprovados. (Kazmierczak & Carter, 2010)

# Capítulo IV

---

## 4. Casos de Referência

Neste capítulo procede-se à análise detalhada de 4 edifícios que possuem jardins verticais e que têm um forte compromisso com questões de sustentabilidade. São analisados as Natura Towers, dois edifícios “gêmeos” de escritórios em Lisboa, característicos pelas suas preocupações com poupanças energéticas para as quais os jardins verticais contribuem. A Green Box, uma vivenda unifamiliar em Barcelona de Luís de Garrido, o museu Quai Branly em Paris, característico pela parede viva na fachada voltada a Norte, de Patrick Blanc

### 1º Caso de Referência - Natura Towers

**Nome:** Natura Towers

**Localização:** Telheiras, Lisboa

**Ano de construção:** 2010

**Autor:** GJP – Arquitetos (Gonçalo Rangel de Lima; Jorge Matos Alves; Pedro Neto Ferreira)  
**Proprietário:** grupo MSF

**Tipologia:** duas torres de escritórios e comércio

**Área total:** 21 116m<sup>2</sup>

**Nº de pisos:** 3 abaixo da cota de soleira + 8 acima da mesma

**Custo da obra:** 30 000 000€

**Elementos Verdes:** faixa de parede viva a toda a altura das duas torres assim como no muro da envolvente; pequenos módulos de fachada verde em elementos pontuais das fachadas; coberturas ajardinadas

**Classificação energética:** A+



Figura 33 - As Natura Towers são o primeiro edifício de escritórios em Portugal com preocupações de sustentabilidade e emprego de vegetação nas suas fachadas (Retirado de: Natura Towers, 2011)

À primeira vista as Natura Towers deslumbram pela utilização de elementos verdes nas suas fachadas, no entanto, também se revela positivamente em termos de eficiência energética. Consiste no primeiro edifício de escritórios em Portugal com este tipo de preocupações sustentáveis, fato que lhe valeu atribuição energética A+ pela ADENE<sup>19</sup>. Tem a capacidade de consumir menos 60% de energia do que outro edifício da mesma natureza. Para além do uso de vegetação nas suas fachadas e coberturas, possui ainda soluções de ventilação e climatização inovadoras, sistemas de controlo de iluminação, utilização de equipamentos térmico/solares, fotovoltaicos, e aproveitamento de águas pluviais para regas das suas vegetações assim como uso em casas de banho. São algumas das características deste edifício que transporte a natureza para a cidade (Instalação Profissional, 2010)

**Tabela 11- Dados do promotor dos edifícios relativamente á poupanças energéticas anuais (Retirado de: Natura Towers)**

## POUPANÇA ENERGÉTICA ANUAL

### CLIMATIZAÇÃO

Aquecimento ..... 69%

Arrefecimento ..... 41%

### SISTEMA FOTOVOLTAICO

Iluminação ..... 20%

### SISTEMA SOLAR TÉRMICO

Aquecimento de águas ..... 100%

#### 4.1.1. A sua arquitetura

A aposta nos jardins verticais surge pelas suas vantagens de impermeabilização, isolamento térmico e acústico, como pelo seu valor plástico e ainda pela sua importância para o conforto físico e psicológico para o ser humano em manter regular o contato visual com elementos naturais. Desta forma, as superfícies vegetais traduzem-se num aspeto positivo de conceção dos espaços de serviços, reforçando a sensação de calma e confiança ao estabelecer a ligação com a natureza e consequente aumento de produtividade ao utilizador. Os alçados do edifício

<sup>19</sup> Agência nacional para a energia

surgem em módulos de 4x1m, onde aleatoriamente são distribuídos diferentes contextos no interior da dupla fachada nesse módulo: vidro transparente; vidro opalino; sistema de fachada verde; painel fotovoltaico. (Instalação Profissional, 2010)

#### **4.1.2. Preocupações Energéticas e Ambientais**

Quando estão em causa edifícios sustentáveis e de eficiência energética em construção, o primeiro aspeto a ter em conta será sempre a estrutura visível, ou seja, a “pele” do edifício que estará em contato com o exterior. Quando está em causa um edifício constituído por vidro e metal, como este, à primeira vista pode não parecer muito eficiente energeticamente, mas as Natura Towers possuem tecnologias sofisticadas e inovadoras capazes de esclarecer tal ideia. Desta feita, a transparência pretendida não acarretou qualquer consequência energética para o edifício. (Baião, 2010)

##### **4.1.2.1. Otimização da pele do edifício**

As Natura Towers são exemplo de aliança do design às soluções de sustentabilidade disponíveis no mercado. Assim a execução do projeto passou pela conceção da estrutura visível que está em contato com o exterior e pelo aproveitamento do comportamento térmico/dinâmico do edifício. À partida, um edifício constituído por quase 90% de metal e vidro pode não parecer exemplar do ponto de vista da sustentabilidade, no entanto a utilização de tecnologias sofisticadas de vidro, controlo dos requisitos elétricos, ventilação, retenção e poupança do calor, conjugada de forma correta com a vegetação usada no edifício, tornam-no inesperadamente eficiente. (Instalação Profissional, 2010)

As suas fachadas possuem uma dupla camada de vidro duplo, com caixilho pelo seu interior. Assim é garantida uma caixa-de-ar com 65 cm para ventilação, controlada por mecanismos e uma fachada cortina, cujos vidros têm uma transmissão luminosa de 65%, uma absorção energética de 42% e uma reflexão luminosa de 10%. O princípio de utilização desta fachada permite controlar e otimizar as variações da temperatura nos escritórios, através da regularização noturna de Verão. (Instalação Profissional, 2010)

Os vidros da parte interior da fachada irradiam o calor por condução, permitindo que os espaços correspondentes aos escritórios aqueçam e arrefeçam conforme a estação do ano, permitindo reduções consideráveis em termos energéticos, poupando-se 69% em aquecimento e 41% em arrefecimento. Em termos acústicos, esta fachada dupla tem também alto desempenho, permitindo níveis na ordem dos 35 dB no interior dos espaços.



#### 4.1.2.2. Aposta nas Energias Renováveis

A conceção do projeto teve como premissa uma mudança de mentalidade em relação aos consumos energéticos, ajudando a sociedade a perceber que o mundo não poderá continuar com consumos energéticos exagerados e sem preocupações com gastos energéticos. (Instalação Profissional, 2010)

Assim sendo, este projeto foi desde logo elaborado no sentido de melhor tirar partido da ótima exposição solar da sua posição geográfica com cerca de 1860 horas de sol por ano. Foram então instalados painéis solares térmicos nas coberturas (cerca de 21 m<sup>2</sup>), capazes de assegurar 100% do consumo de águas das copas e instalações sanitárias. Foram ainda instalados cerca de 332 m<sup>2</sup> de painéis fotovoltaicos, 8 painéis por piso, como se pode ver na figura 35, com células policristalinas de 22% de transparência nas fachadas voltadas a sul. Estes últimos garantem 20% da energia necessária para a iluminação dos núcleos centrais, caves e espaços exteriores, onde se inclui ainda a iluminação noturna da fachada. A fim de evitar desperdícios energéticos relativamente à iluminação, o edifício conta com um sistema de controlo de luz, para uma melhor gestão, para além da transparência da sua fachada parcialmente em vidro que permite uma redução de 50% em gastos com a iluminação dos escritórios, como se observa na figura 34. (Arruda, 2011)

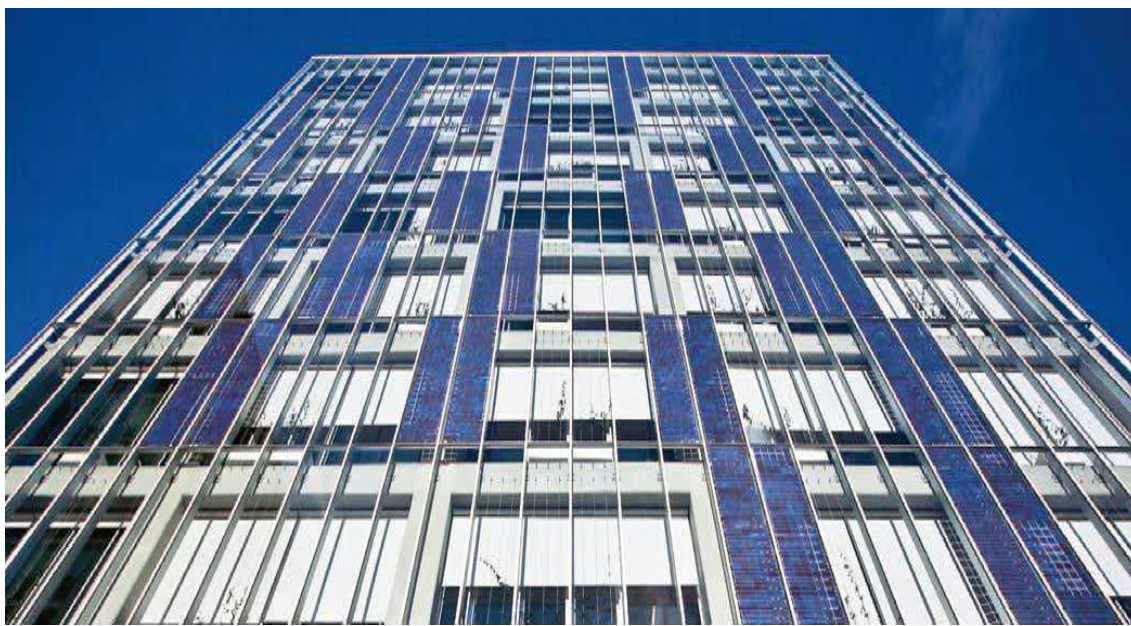


Figura 34 - As fachadas modulares com forte exposição solar possuem pontualmente painéis fotovoltaicos (8 por piso), assim como vegetação à base de trepadeiras em sistemas de fachada verde, no interior da caixa de ar (Retirado de: Arruda, 2011)

#### 4.1.2.3. Aproveitamento das águas

Tendo em conta a quantidade de vegetação envolvida neste projeto, as Natura Towers possuem um sistema de recolha de águas pluviais nas suas coberturas, armazenando-a em depósitos com capacidade para 85 000 litros para usos em regas. (Instalação Profissional, 2010)

A água das chuvas, após recolhida, é usada para a rega da sua cobertura ajardinada, assim como para os 3 sistemas de jardins verticais do edifício. Ou seja, para a sua parede viva de 35m de altura, e parede viva ao nível do espaço exterior, onde sistemas por goteje garantem a sobrevivência das plantas por níveis separados por 1,8m. No caso dos elementos de fachada verde pontualmente existentes no interior da dupla fachada, também contam com rega por goteje diretamente na caixa de substrato, também proveniente do sistema de recolha. (Arruda, 2011)

#### 4.1.2.4. Núcleos Vegetais Verticais

A vegetação é uma constante um pouco por todo o edifício. Desde a receção, cobertura, núcleos interiores, arranjos exteriores, paredes vivas e mesmo pequenos elementos pontuais de fachadas verdes no interior da dupla fachada de vidro do edifício. (Arruda, 2011) (Instalação Profissional, 2010)

**Fachadas Verdes:** estas localizam-se no interior da dupla fachada de vidro do edifício, em pequenos módulos aleatórios. São plantadas em caixas de substrato suspenso de fibra de vidro, possuem independência da fachada, através do suporte em cabos de aço verticais. Estes elementos usam plantas trepadeiras. Nas fachadas voltadas a Norte usam *Parthenocissus quinquefolia* e *Hedera helix*, ao passo que nas fachadas voltadas a Sul usam *Passiflora vitiflora*, a Nascente usam *Lonicera japonica* e por fim a Poente é usada *Clematis cirrhosa*.

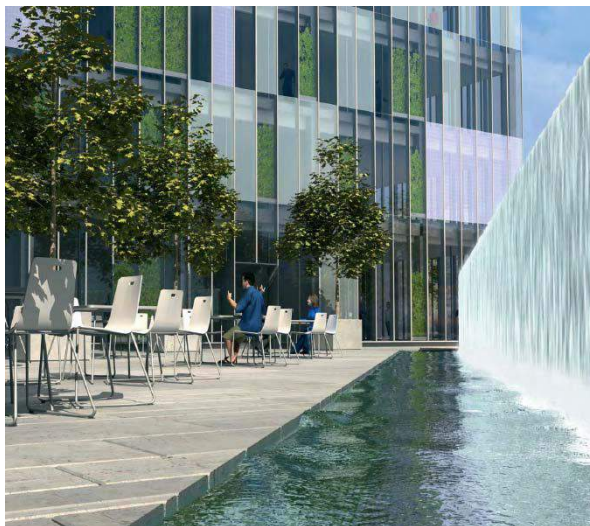


Figura 35 - As fachadas verdes são uma constante de forma aleatória ao longo das fachadas das Natura Towers

A água para a sobrevivência destas espécies provém da recolha na cobertura e é armazenamento em depósitos, onde posteriormente é usado um sistema de gotejamento sobre a caixa de substrato, junto da raiz das plantas. Posto isto, a água sobranete é recolhida na base da caixa de plantação e devolvida novamente aos depósitos de armazenamento para

posterior utilização. A manutenção destes sistemas de jardim vertical é mínima, tendo em conta os cuidadosos estudos realizados antes da plantação, onde se realizou um controlo de crescimento das plantas por limitação de substrato. Para além dos reconhecidos benefícios no panorama geral da sustentabilidade do edifício, as fachadas verdes aqui usadas, proporcionam vantagens de conforto pelo contato direto do ocupante com elementos vegetais em áreas de trabalho. Servem ainda como “pulmão” da fachada ventilada onde se encontram, regulando naturalmente a quantidade e humidade do ar aí presente.

**Paredes vivas:** As Natura Towers usam sistemas de parede viva, quer nas suas duas faixas centrais a toda a altura dos edifícios, quer no muro de suporte ao nível do espaço exterior que faz também a ligação entre as duas torres.

O sistema de parede viva aqui usado tem como nome comercial “Naturpaneles®”, comercializados pela empresa espanhola Intemper. É um sistema pré-fabricado, com módulos quadrados de 60 cm por 8 cm de espessura. A sua estrutura consiste em perfis de aço galvanizado que garantem relativo afastamento relativamente à parede, para circulação de ar. Os painéis são constituídos por poliestireno extrudido impermeabilizado por uma camada de tela. Para substrato das plantas é usado feltro. A sobrevivência das plantas é garantida por sistema de gotejo, em tubos horizontais, em cada 3 módulos, portanto separadas por 1,8 m. Estas paredes vivas possuem uma grande diversidade de espécies, cerca de 250. As mesmas são adequadas ao sistema e permitem variações de aspeto do edifício com a passagem das diferentes estações do ano, através de diferentes épocas de floração.

A aposta nos jardins verticais surge nestes edifícios pelas suas vantagens de impermeabilização, isolamento térmico e acústico, criação de oxigénio para o edifício e para a envolvente, assim como pelo seu valor plástico e importância para o conforto físico e psicológico dos ocupantes, ao manterem regular contato visual com elementos naturais. Assim estas superfícies vegetais, como se verifica na figura 36, são um aspeto positivo da conceção dos espaços de serviços, reforçando a sensação de calma e confiança, no estabelecimento de relação com a natureza, aumentando-se a produtividade nos escritórios. O caso da parede viva ao nível do espaço exterior para além de outras vantagens tem como função, em conjunto com uma cascata de água ali presente. (Instalação Profissional, 2010)

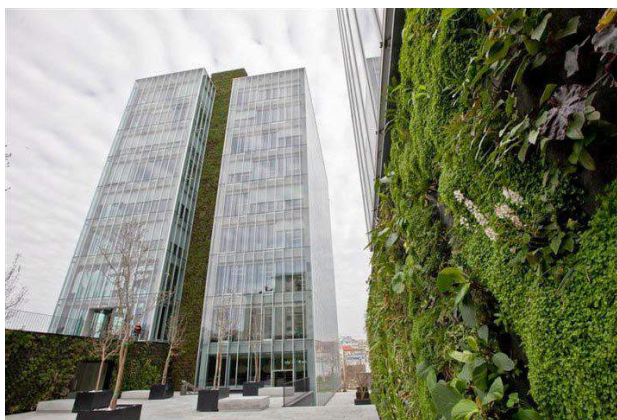


Figura 36 - As paredes vivas são uma constante no envasamento das torres, mas sobretudo numa faixa central correspondente ao miolo da torre onde estão os acessos verticais, a toda a altura da fachada (Retirado de: Natura Towers, 2011)

#### *4.1.2.5. Análise ao desempenho do edifício*

Um projeto desta envergadura tem custos acrescidos na ordem dos 20%, tendo em conta a sua inovação, tanto ambiental como estética. As previsões apontam para que haja retornos passados cerca de 10 anos, através das poupanças em custos com energia na ordem dos 60%. No entanto, se todas as construções respeitassem este conceito, outras importantes compensações emergiriam a grande escala. No entanto, como nas Natura Towers, um projeto destes só fará sentido, tendo uma mensagem para passar do ponto de vista da sustentabilidade. Futuras adesões a esta filosofia de construção sustentável, serão futuramente indispensáveis para a saúde da sociedade e do planeta. (Instalação Profissional, 2010)

As Natura Towers são de fato um exemplo de sustentabilidade arquitetónica, onde a aplicação das estruturas verdes, particularmente as fachadas verdes e as paredes vivas têm um grande contributo para tal.

Desta forma foi-lhe atribuído o Certificado de Desenvolvimento Energético e da Qualidade do Ar Interior, a classificação máxima de A+, sendo o primeiro edifício de escritórios no nosso país a alcançar tal classificação. Esta rigorosa classificação implica que o consumo energético do edifício, neste caso de escritórios, seja de 0% a 25%, quando comparado consumos de referência para edifícios na mesma categoria. Outro dos aspetos a ter em conta e que contribuíram para esta classificação, foi a reduzida produção de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>), com valores de apenas 117,6 toneladas/ano, o que representa uma redução de 75% face às emissões de referência. Nesta classificação, foram analisadas as composições das paredes, coberturas, pavimentos, vãos envidraçados, envolvente das torres, sistema de climatização, iluminação e todos os sistemas de micro geração dos quais fazem parte o sistema fotovoltaico e solar térmico. (Instalação Profissional, 2010)

Para além destes, as Natura Towers receberam inúmeros prémios, nacionais e internacionais, no ponto de vista da sustentabilidade e emprego de vegetação nas suas fachadas como mostra a figura 39:



## PRÉMIOS

- Melhor novo Edifício Europeu do Ano, prémio atribuído pela Comissão Europeia nos Annual GreenBuilding Awards 2011;
- Partners do European Greenbuilding Programme, da Comissão Europeia;
- Dois prémios nacionais do Imobiliário 2010, atribuídos pelo Salão Imobiliário de Lisboa nas categorias de Eficiência Energética e Construção Sustentável;
- Dois Óscares do Imobiliário 2010, atribuídos pela Revista Imobiliária para o melhor edifício de escritórios e o mais eficiente do ponto de vista energético;
- Prémio "Boas Práticas da Iniciativa Sustentabilidade +", atribuído pela Câmara Municipal de Lisboa e Rock in Rio;
- Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior com a classificação máxima (classe A+), atribuído pela Adene;
- Certificado de Projecto Iberoeka ECO2, do CYTED (Programa Ibero-Americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento).



Figura 37: Alguns dos prémios nacionais e internacionais na vertente da sustentabilidade conquistados pelas natura Towers (fonte: [naturatowers.msf-turim.pt](http://naturatowers.msf-turim.pt))

## 4.2. 2º Caso de referência: Green Box

**Nome:** Green Box

**Localização:** Barcelona, Espanha

**Autor:** Luís de Garrido

**Ano:** 2009

**Tipologia:** Vivenda sustentável

**Área total:** 251,2 m<sup>2</sup>

**Nº de pisos:** 1

**Custo da obra:** 234 750€

**Elementos Verdes:** Lado voltado a Norte da torre central do edifício revestido por vegetação em ambos os lados (interior e exterior) e Cobertura inclinada ajardinada como prolongamento do jardim exterior à vivenda.

**Classificação energética:** edifício 100% sustentável

A Green Box consiste num novo conceito de arquitetura que alia a sustentabilidade ao pré-fabrico, de onde advêm vantagens pelos seus reduzidos custos, rapidez de montagem, possibilidade de desmontagem e mudança de local, mas sobretudo por ser energeticamente 100% sustentável, onde para tal os Jardins Verticais que possui dão um grande contributo. A sua arquitetura possui formas simples, onde se destaca a torre central revestida por vegetação que, segundo o seu autor, funciona como chaminé, capaz de resolver questões térmicas. A sua cobertura ajardinada inclinada também se destaca, podendo ser interpretada como uma continuação do jardim exterior, acessível aos seus habitantes. (Archiportable, 2005)

### 4.2.1. A sua arquitetura

A Green Box possui uma estrutura arquitetónica muito simples, como se pode observar pela figura 38, traduzida pelo seu jardim inclinado, que serve como cobertura ao edifício, deixando um espaço habitável de baixo do mesmo. Na parte central do mesmo situa-se uma torre com a sua face voltada a Norte revestida por vegetação, tanto interiormente como no exterior. Esta dá forma ao pátio central da habitação, que serve como chaminé, responsável por extrair o ar quente da habitação para o exterior, em períodos de Verão, com ajuda das plantas usadas na sua parede viva. (Garrido, 2011)

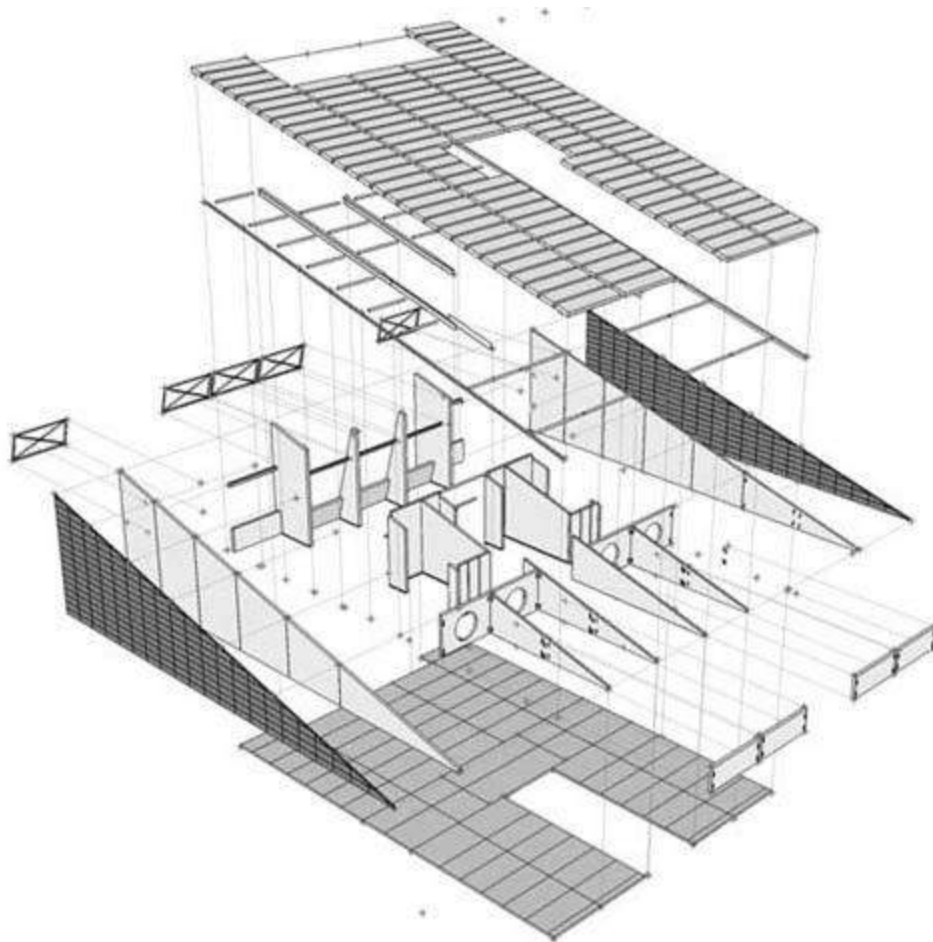


Figura 38- A Green Box é uma estrutura totalmente pré fabricada e com a possibilidade de facilmente se remover e mudar de lugar (Retirado de: Garrido, [www.archilovers.com](http://www.archilovers.com), 2009)

O seu espaço interior está amplamente pensado de forma a permitir qualquer compartimentação, adaptando-se o espaço com facilidade a outras tipologias como museu, sala de exposições ou outros. De forma semelhante, poderá ampliar-se, reduzir-se ou modificar-se de forma simples, sem necessidade de obras profundas, e sem gerar resíduos indesejáveis. (Garrido, 2011)

A sua cobertura ajardinada e inclinada consiste num prolongamento do solo, daí que resultem espaços de diferentes alturas. Os espaços resultantes de pé direito reduzido e impróprio são aproveitados para a colocação de maquinarias, como o sistema geotérmico, caldeiras ou intercomunicadores. Em contrapartida os espaços com pés-direitos próprios destinam-se a ser habitados. A torre central localiza-se no centro do edifício, como mostra a figura 39, a qual dá origem a um espaço interior de elevada altura, com uma das suas paredes ajardinadas, local ideal para a realização de processos térmicos, resultando um ar mais fresco durante o verão e mais quente durante o inverno. (Garrido, 2011)



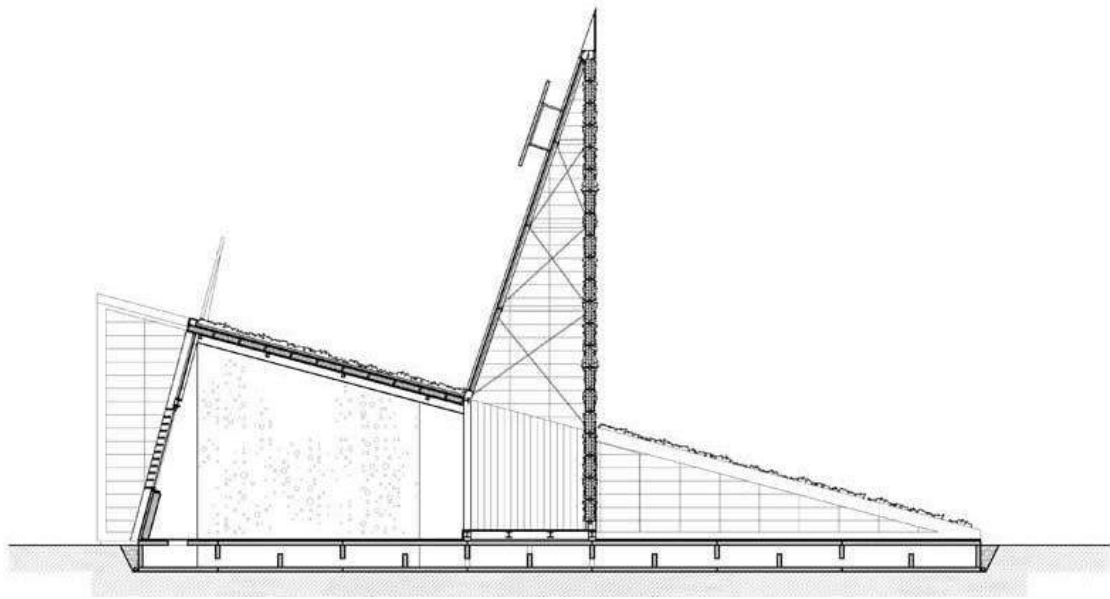


Figura 39 - Na Green box são diversos os elementos que contribuem para a sua sustentabilidade, desde a sua cavidade inferior, á sua cobertura ajardinada mas sobretudo a sua torre revestida por vegetação, tanto no interior como no exterior (Retirado de: [www.archilovers.com](http://www.archilovers.com), 2009)

O fato de ser pré fabricada permite uma elevada poupança de custos e tempo de produção, onde a poupança poderá chegar aos 50% e a sua realização acontecer em 15 dias. Da mesma forma, a habitação poderá facilmente ser desmontada e aplicada noutro local.

Em termos de materiais, esta habitação é estruturada por painéis pré-fabricados de metal e lajes também pré-fabricadas de betão armado. Usa ainda materiais como madeira, vidro mas sobretudo revestimentos vegetais. Segundo Defendorf (2009) e Laylin (2009), os telhados e Jardins verticais usam plantas de pouca dependência de água e nativas, que protegem a biodiversidade da região do mar Mediterrâneo. (Archiportable, 2005) (Laylin, 2011)

#### 4.2.2. Preocupações energéticas e ambientais



Figura 40- Para além dos Jardins Verticais, destacam-se outros elementos sustentáveis no edifício, como os painéis solares e a forte exposição solar Sul (Retirado de: (Laylin, 2011))

No seu funcionamento, a Green Box utiliza dois tipos de energia. Energia proveniente do sol e geotérmica, que é a energia proveniente do natural aquecimento do solo. A energia solar é aproveitada de duas formas, termicamente, para aquecimento de águas usadas no pavimento radiante e fotovoltaica, a fim de produzir e armazenar energia para o normal desempenho do edifício. O sistema de energia geotérmica é devidamente explorado. Existe uma cavidade debaixo do edifício de forma a de lá extrair ar fresco em períodos de calor, ao passo que existem catadores de calor também proveniente da temperatura da terra, para ser utilizada através de um sistema de bomba de calor, para garantir o aquecimento em períodos de inverno. (Garrido, 2011)

Tendo em conta que o sol é desejado no interior dos edifícios em períodos frios de Inverno, mas em contrapartida é prejudicial em períodos quentes de Verão, a Green Box possui palas horizontais na sua fachada para gerir e controlar os raios solares incidentes. A torre que serve como chaminé de extração do ar quente no Verão, em períodos frios de Inverno tem um sistema em vidro que se fecha, permitindo a entrada da luz mas evitando a saída do ar quente. A mesma é revestida por vegetação na parte voltada a Norte, o que de Inverno não trás vantagens para além das visuais e da produção de oxigénio, mas de Verão contribui para o arrefecimento do ar interior da casa. (Garrido, 2011)

Em termos energéticos e de forma resumida, a Green Box tem as seguintes características: (Garrido, 2011)

- Possui alta eficiência energética e bicromática;
- Autossuficiência energética, produzida através do solo (geotérmica) e do Sol (fotovoltaica);
- Autossuficiência de água, obtida da chuva e através de aquíferos subterrâneos e recolha de águas pluviais;
- Não geradora de resíduos nem emissões;
- Usa materiais ecológicos e naturais;
- Assenta num processo construtivo industrializado;
- Possui total flexibilidade e absoluta transportabilidade;
- Não necessita de manutenção;
- Possui um baixo preço final.

#### **4.2.3. Jardim Vertical e seu contributo sustentável**

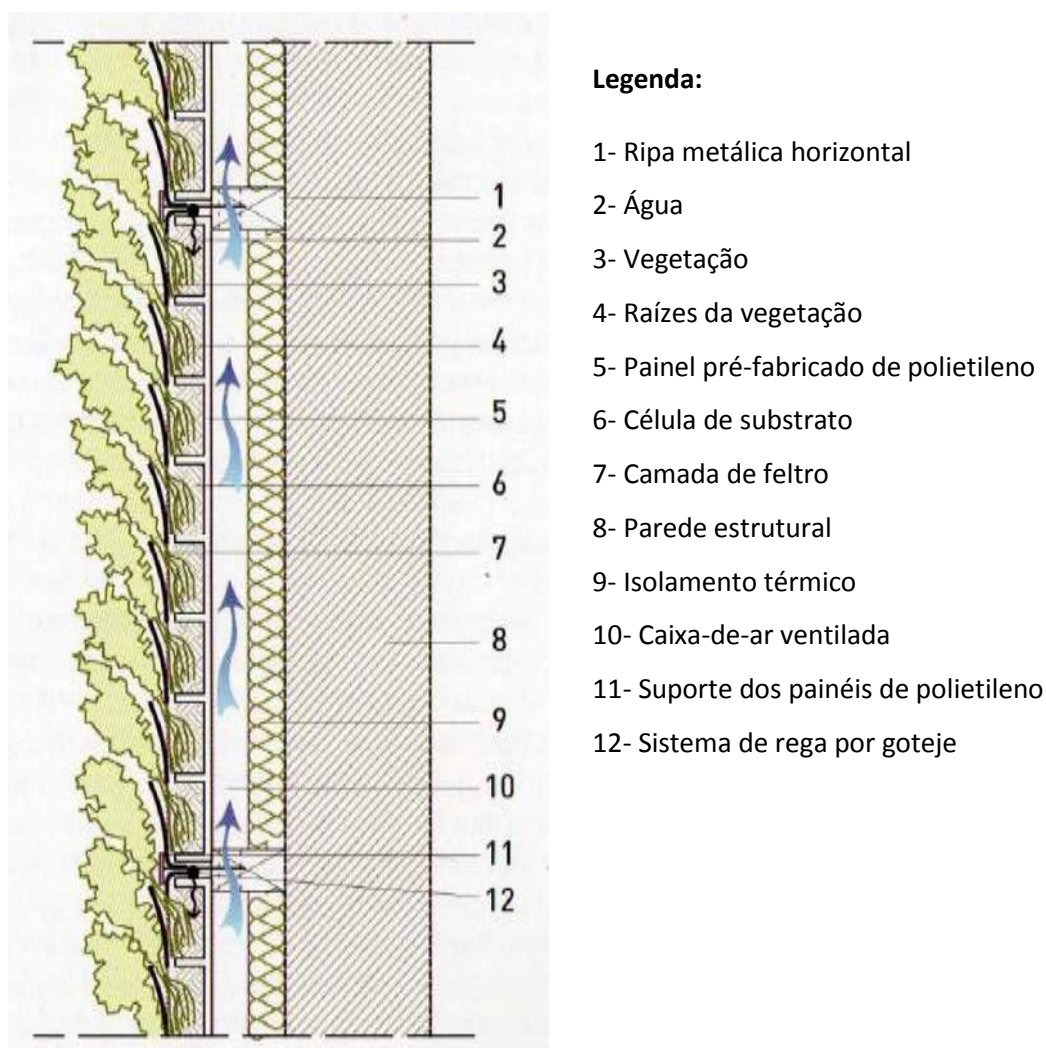
Como já foi referido, a Green Box consiste numa vivenda 100% sustentável, com uma boa relação com a natureza, onde para tal, assim como outros elementos, a parede viva usada muito contribui.

##### **4.2.3.1. Sistema de Jardim Vertical adotado**

Uma vez que se trata de uma construção pré-fabricada, com a possibilidade de desmontagem e mudança de local, o seu criador viu-se obrigado a desenvolver um sistema de parede viva também pré-fabricado e com a possibilidade de desmontagem e reaproveitamento. O sistema obtido foi denominado segundo o autor de *“jardim vertical com substrato ligeiro desmontável”*, sendo o seu processo concetual idêntico a uma parede viva produzida *in situ*, à base de feltro. (Garrido, 2011)

A dupla estrutura da parede viva da Green Box é idêntica nas duas faces, quer interior, quer exterior. Sobre a estrutura da parede colocou-se o isolamento térmico. Na estrutura verde foi garantida uma caixa de circulação de ar, através das ripas horizontais de suporte estrutural. Sobre estas são aplicados os painéis de suporte do substrato em polietileno reticular, de 80cm de largura e altura. Estas possuem cavidades de plantação com 10cm de altura, são devidamente perfuradas, a fim de permitir a passagem da água entre os diversos compartimentos. Nas mesmas são colocadas pequenas quantidades de terra, que servirá de suporte vital às raízes das plantas. Para que esta se mantenha, o módulo pré-fabricado em

polietileno é envolvido por uma camada de feltro, devidamente grampado ao sistema e no qual se faz uma série de orifícios para a plantação. Veja-se a figura 44. (Garrido, 2011)



**Figura 41 - Esquema do sistema de parede viva (Jardim Vertical com substrato ligeiro desmontável) usado na Green Box (Retirado de: Garrido, 2011):**

Tendo em conta as suas características, este sistema permite a plantação e posteriormente a aplicação na parede. Permite ainda uma estrutura mais estável devido à estrutura rígida do polietileno reticulado, que se traduz numa maior capacidade de plantação, onde se poderá colocar com facilidade uma média de 80 a 100 plantas/m<sup>2</sup>. Com isto pudera-se obter uma densidade maior comparativamente aos sistemas hidrópicos, com plantas de menores dimensões, o que permite o resultado final de um jardim vertical uniforme, com um aspeto similar. (Garrido, 2011)

Segundo a explicação de Garrido (2011), este conceito de parede viva não é tão exigente em termos de rega, comparativamente com os hidrópicos, uma vez que possui uma pequena porção de substrato. O seu conceito de rega é vulgar, consiste num sistema de goteje, com águas provenientes da recolha em períodos de chuva e armazenada em depósitos. Na parte superior de cada camada de painéis pré-fabricados de polietileno, faz-se passar um

tubo perfurado, soltando este por gravidade a água, que percorre as 8 células do painel, visto que são perfuradas. Uma vez que exige menor quantidade de água traz outras vantagens associadas, como o fato de não exigir tanta porção de nutrientes, uma vez que os mesmos ficam retidos com facilidade no substrato e dispensam sistemas de recolha de água na base da parede, também pela mesma razão.

#### *4.2.3.2. Vantagens e desvantagens do sistema de Parede Viva adotado*

Segundo Garrido (2011), o sistema de parede viva desmontável que usou na Green Box tem as seguintes vantagens e desvantagens:

##### **a) Vantagens**

- Pouca necessidade de água e nutrientes;
- Pode usar águas pluviais, na sua rega;
- Não necessita de sistema de recolha e reaproveitamento de água;
- Possui reduzida e económica manutenção;
- Resistente a eventuais falhas de rega, uma vez que possui alguma quantidade de substrato;
- A plantação poderá ser realizada anteriormente à colocação dos painéis na parede;
- Poderá ser desmontado e reaproveitado noutra estrutura;
- Possui um preço moderado, na Europa o seu preço médio ronda os 300€/m<sup>2</sup>;
- A percentagem de reposição de plantas por motivo de seca é relativamente baixa, na ordem dos 2%;

##### **b) Desvantagens**

- Instalação relativamente lenta;
- Na sua aplicação necessita de mão-de-obra muito qualificada;

#### *4.2.3.3. O Contributo da Parede Viva para a sustentabilidade do edifício*

Já conhecido que os jardins verticais proporcionam inúmeras vantagens para os edifícios e para a envolvente. Na Green Box é usada uma parede viva, de forma a tirar vantagens em termos de melhorias no controlo térmico interior, na produção de oxigénio para a envolvente e visualmente para camuflar a estrutura no panorama da natureza. (Archiportable, 2005)

Luís de Garrido usou estrategicamente uma torre no centro da vivenda, que funciona durante períodos quentes de Verão como uma chaminé extratora do ar quente presente no interior do



edifício. Este fenómeno é possível graças à parede da torre voltada a Norte estar revestida por vegetação na sua parte interior, o que proporciona a criação de humidade e esta ao evaporar-se faz subir o ar quente, presente no interior da torre. Enquanto isso, ainda termicamente falando, a parede viva exterior tem um papel fundamental de arrefecer o ar na parte exterior próximo da fachada, assim como proteger a parede da torre das indesejadas intempéries e correntes de ar frio, vindas de Norte, em períodos de Inverno como mostram as figuras 44 e 45. (Garrido, 2011)

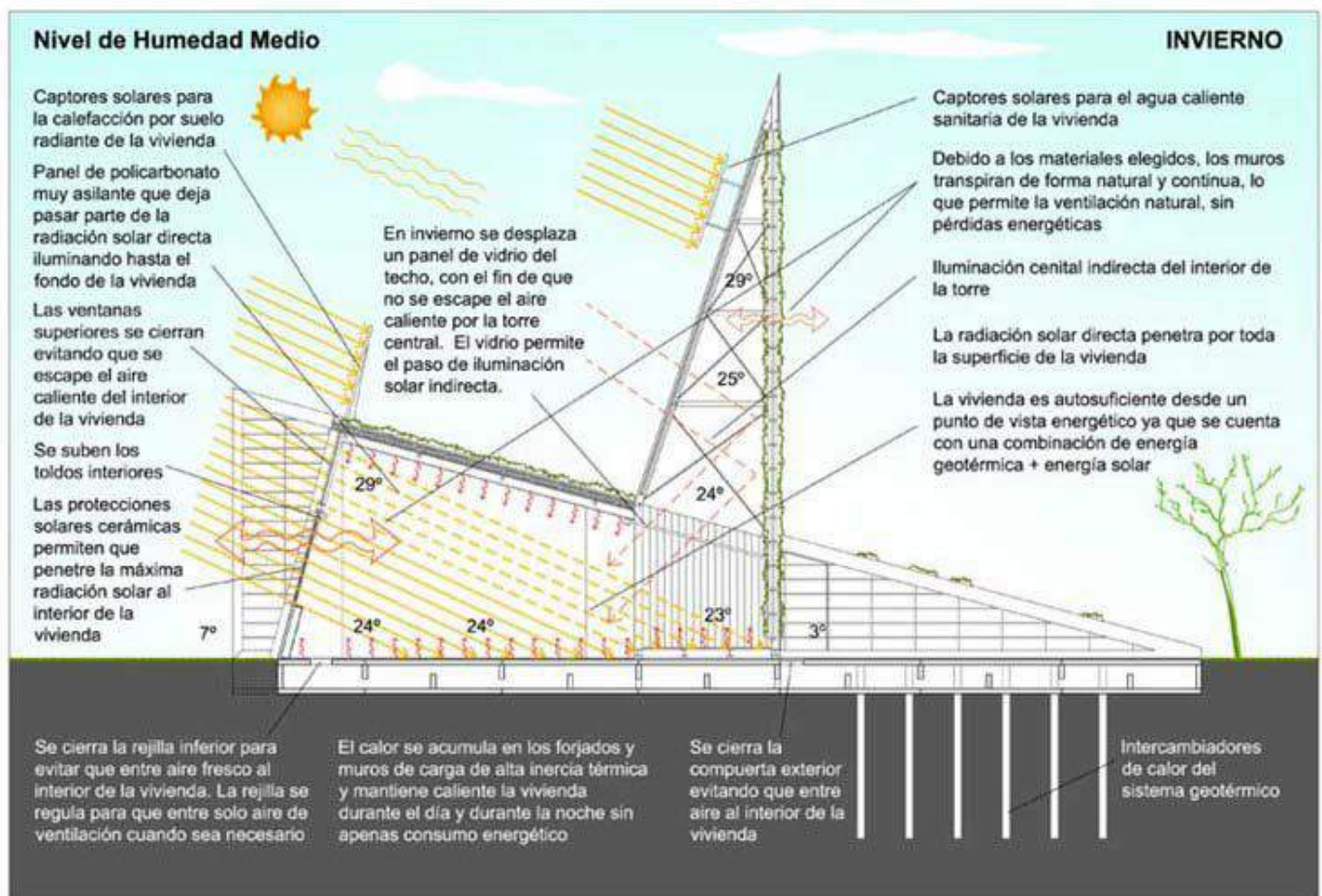


Figura 42 - Corte do edifício onde se verificam as questões sustentáveis do edifício no Inverno. Destaque para a parede viva interior e exterior (Retirado de: Garrido, 2011)

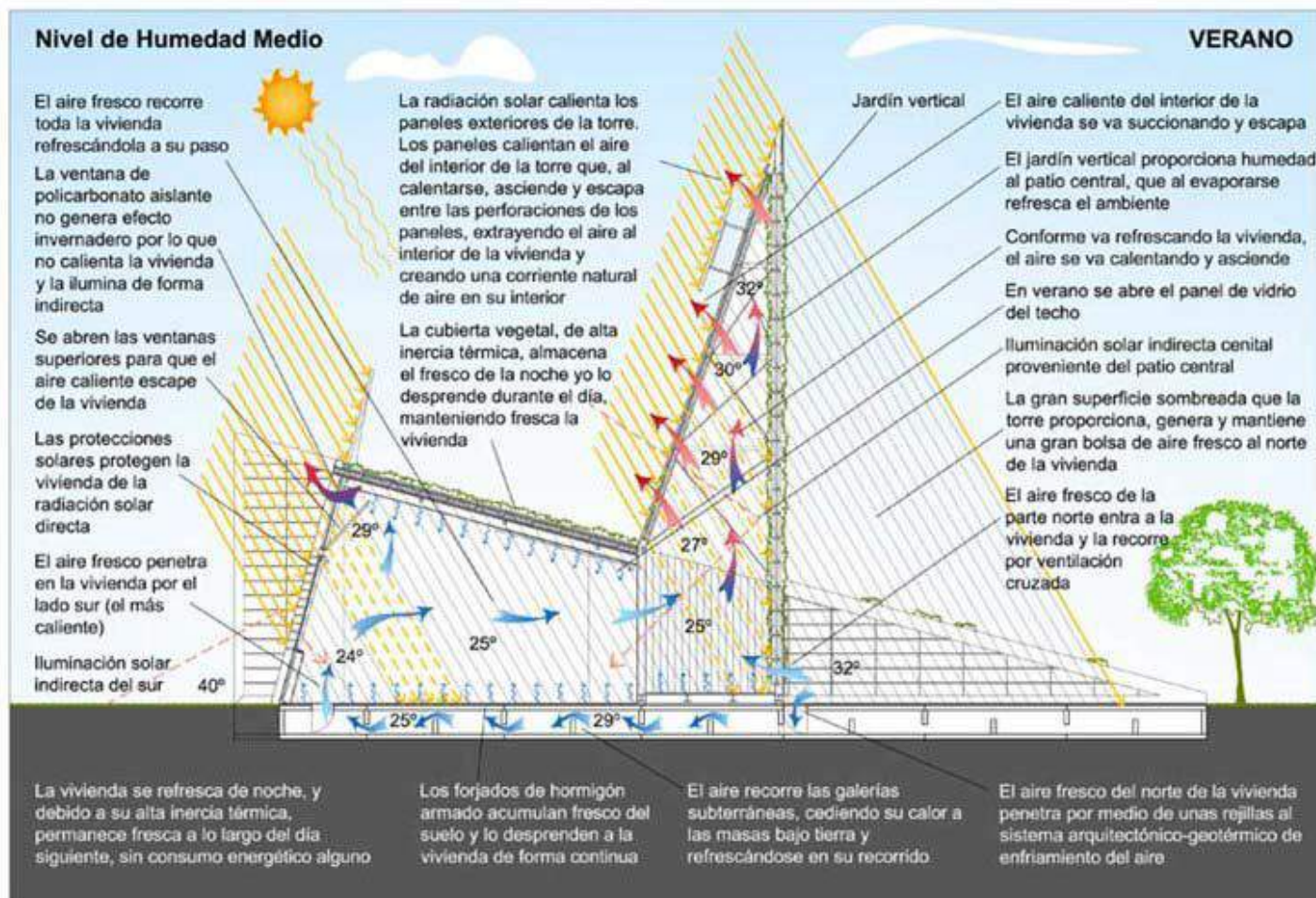


Figura 43 - Corte do edifício onde se verificam as questões sustentáveis do edifício no Verão. Destaque para a parede viva interior e exterior (Retirado de: Garrido, 2011)

Em termos de qualidade do ar, as paredes vivas usadas acarretam vantagens para o edifício assim como para a envolvente deste, uma vez que produzem oxigénio, indispensável para a saúde e bem-estar dos ocupantes. (Garrido, 2011)

Em termos estéticos, a dupla parede viva usada na Green Box tem um papel fundamental, na medida do seu contributo para a integração do edifício no seu ambiente circundante. Os mesmos contribuem para a elevada camuflagem da estrutura habitável no panorama verde da sua envolvente. Interiormente proporcionam uma agradável sensação natural e de bem-estar, característica das capacidades da Natureza. Graças ao seu ajardinamento, a torre usada, tornou-se na imagem de marca e reconhecimento desta habitação. (Archiportable, 2005) (Garrido, 2011)



### 4.3. 3º Caso de Referência: Museu Quai Branly

**Nome:** Quai Branly Musée

**Localização:** Paris, França

**Autor:** Jean Nouvel (arquitetura) Patrick Blanc (parede viva)

**Proprietário:** Musée du Quai Branly

**Tipologia:** Museu

**Área de implantação:** 8 600m<sup>2</sup>

**Ano:** 2006

**Elementos Verdes:** fachada Norte, voltada ao rio Sena de 12m de altura por cerca de 60m de comprimento, revestida por uma parede viva com cerca de 15 000 plantas de 150 espécies diferentes, originárias de todo o mundo. Obra do Botânico francês Patrick Blanc.



Figura 44 - O museu Quai Branly em Paris tornou-se uma imagem de marca na cidade, pela sua influente parede viva do botânico francês Patrick Blanc (Blanc, <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>, 2012)

Desde o início do projeto que o Quai Branly teve um forte compromisso com a concepção iconográfica e sustentável, onde quase 2/3 da implantação é ocupada por um triunfante jardim público, como parte integrante do projeto. No entanto, a sua componente vegetal foi ainda mais acentuada pelo trabalho criativo do botânico francês Patrick Blanc, a convite do autor do projeto, o também francês Jean Nouvel. Na fachada Norte, voltada para a margem esquerda do rio Sena, foi instalada uma interessante parede viva, a qual não deixa ninguém que por ali passa indiferente, tornando-se na imagem de marca deste enorme edifício, funcionalmente voltado para as artes primitivas dos continentes Africano, Asiático, Americano e da Oceânia. (Dugit, 2004) (Guillaucic, 2010) (Somine, 2008) (Velazquez, 2011)

#### 4.3.1. Enquadramento Urbano do Quai Branly

Segundo Guillaucic (2010), desde o início do projeto que Jean Nouvel, arquiteto responsável pelo museu teve em consideração a sensibilidade e importância do local. Tratava-se de projetar em Paris, junto da margem esquerda do rio Sena. Local com visibilidade através do importante marco da cidade, a torre Eiffel, num ambiente urbano, traçado por Haussmann durante meados do séc. XIX, local também marcado pelas exposições mundiais de 1889 e de 1937. O museu está por assim dizer, situado num local privilegiado de encontro das artes primitivas, como se pode verificar na figura 47, o que lhe confere ainda mais importância.

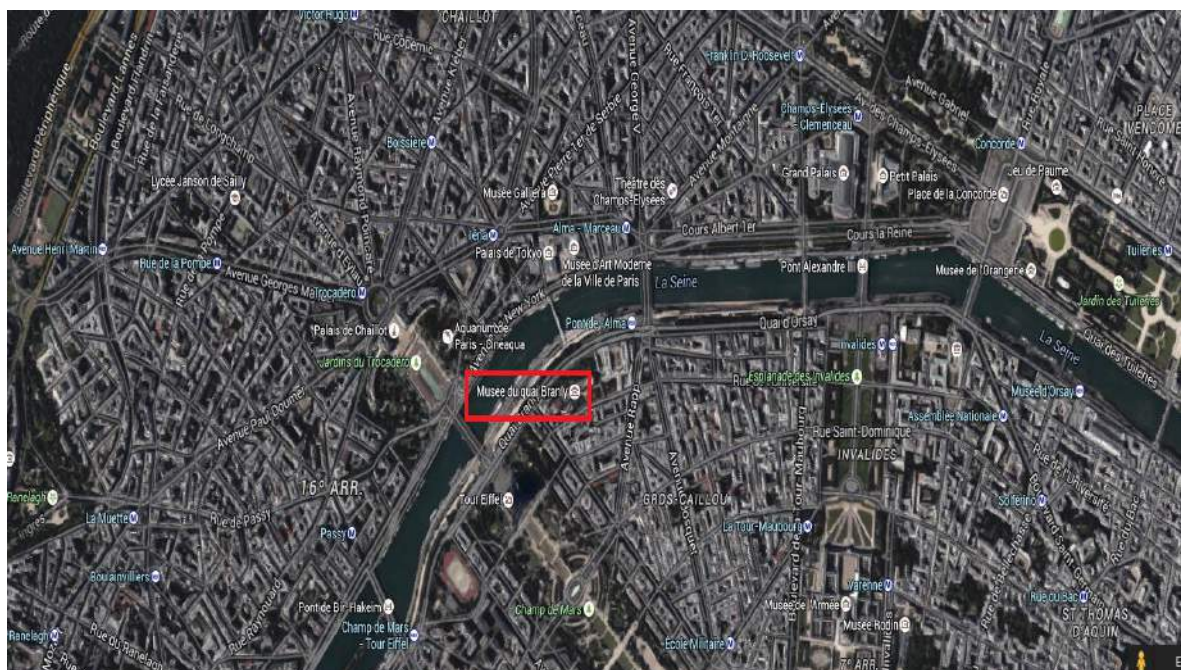


Figura 45- Quai Branly e a sua importante envolvente parisiense, onde se destaca a Torre Eiffel e o rio Sena, assinalados pelos vértices do triângulo a amarelo (Retirado de: <https://www.google.t/maps>, 2015)

Tendo em conta a delicadeza da zona onde se encontra, a fachada ajardinada pelo botânico francês Patrick Blanc, o projeto não poderá ser visto como uma obra isolada. Sendo a sua parede viva, uma parte do cenário urbano global, possui máxima integração com o jardim anexado ao museu, assim como a contínua cortina potenciada pelas densas árvores da avenida. Consiste numa fachada extensa no prolongamento da avenida de Haussmann, a qual cria uma imagem natural e de alguma curiosidade. Para que quem por ali passa, não fica indiferente, como acontece. (Guillauc, 2010)

#### **4.3.2. Estrutura Verde adotada na sua fachada Norte**

Desde o início que para a realização do projeto, Jean Nouvel tinha uma forte tendência de compromisso com o design sustentável. A primeira ideia consistia em adotar uma fachada verde à base de trepadeiras, mas com o evoluir do projeto a sua opinião mudou. Dai o seu convite a aquele que reunia o melhor nível de conhecimento e capacidade a fim de desenvolver um sistema vegetal na parede voltada a Norte, não contrastando dessa forma com a filosofia do projeto que se pretendia escondido pela vegetação. Inicialmente foram realizados inquéritos de opinião pelas populações vizinhas, que desde logo não se mostraram muito favoráveis ao conceito inovador da parede viva, mas com o passar do tempo e à medida que a mesma foi construída, passou a ser aceite. O botânico Patrick Blanc, obcecado por plantas e autor de inúmeros e emblemáticos projetos pelo mundo, conhecidas por gigantescas esculturas vivas era então o ideal para dar seguimento à intenção do arquiteto. (Blanc, *Le Mur Végétal - De la nature á la ville.*, 2011) (Somine, 2008)

##### **4.3.2.1. Caraterísticas da Parede Viva de Patrick Blanc**

O autor da parede pretendia assim instalar um sistema de parede viva que constitui-se um microssistema independente, simples, que imita-se a forma como a Natureza atua. Optara ainda por uma biodiversidade de plantas que se destinava a traduzir naturalmente, a diversidade de artefactos culturais do museu. As regiões intertropicais dos 4 continentes que o museu representa seriam assim também representadas ao longo da composição natural da extensa parede. (Blanc, *Le Mur Végétal - De la nature á la ville.*, 2011) (Somine, 2008)

Os resultados obtidos das ideias primárias traduzem-se numa parede viva Hidrópica, com uma textura natural e rugosa, com um aspeto colorido, em tons de verde, vermelho, amarelo, lilás, rosa e branco. (Velazquez, 2011)

A base concetual usada é a mesma de todas as estruturas de Patrick Blanc, denominada por ele por “Mur Végétal” e conhecida no panorama dos Jardins Verticais por parede viva hidrópica. Esta é independente da parede estrutural do edifício, onde uma estrutura metálica permite separação entre elas, criando condições para uma caixa-de-ar totalmente encerrada no interior, funcionando como barreira térmica. (Guillauc, 2010)



Sobre a parede estrutural do edifício, instalou-se uma estrutura metálica em aço inoxidável que por sua vez suporta uma placa de PVC expandido com 10mm de espessura e garante o afastamento pretendido. A estrutura rígida e independente de PVC tem propriedades permeáveis, a fim de não permitir a passagem da humidade para o interior da caixa-de-ar, e tem como função suportar a estrutura verde. Sobre esta são devidamente fixadas duas camadas de feltro, com 3mm de espessura cada, responsáveis pelo suporte vital das raízes das plantas. Entre a dupla camada de feltro encontram-se os tubos perfurados, responsáveis por fazer chegar a solução nutritiva através da água às raízes das plantas. (Kaltenbach, 2008)

A sobrevivência das plantas é então assegurada por um eficaz sistema de rega por goteje, através de vários níveis de tubos perfurados, estes envolvidos na dupla camada de feltro. As plantas são assim alimentadas através de uma solução de nutrientes com 0,1grama/litro de concentração, trazida pela água da rega, através de gravidade. No Inverno o período deste fenómeno acontece 2 a 3 vezes por minuto, enquanto que no Verão acontece entre 5 a 6 vezes. O sistema possui um automatismo de paragem caso a temperatura ambiente atinja 1°C, a fim de não danificar o mesmo. Na parte inferior da parede existe um sistema de recolha de águas com o objetivo de reaproveitar a água e impedir indesejáveis aspetos de escoamento para a via pública. (Kaltenbach, 2008)

Já é conhecida a tendência de Patrick Blanc para a biodiversidade das suas paredes, onde esta não se torna numa exceção. A sua parede viva aqui apresentada utiliza cerca de 15.000 plantas de 150 espécies diferentes, trazidas das mais diversas partes do planeta. É usada uma enorme quantidade de plantas, onde se destacam algumas como, *Schefflera*, *Clusia*, *Medinilla*, *Anthurium*, *Philodendron*, *Aeschynanthus Pilea*, *Elatostema*, *Fittonia* ou *Episcia*. Estas trazidas de países como, da América do Norte, Europa, Himalaias, China, Japão, Chile e África do Sul. (Blanc, Le Mur Végétal - De la nature á la ville., 2011) (Somine, 2008) (Velazquez, 2011)

Assim se obtém uma parede viva de elevada biodiversidade, que se constitui por um pequeno microssistema isolado, totalmente dependente da água para a sua sobrevivência. A composição das plantas deriva da criatividade do botânico responsável, onde previamente faz um estudo, prevendo o diferente crescimento das plantas, assim como as diferentes cores de floração. Este fato foi importante nesta obra, a fim de conseguir a composição desejada tendo em conta a relação da origem das plantas com a origem da arte que o museu representa. (Velazquez, 2011)

#### **4.3.2.2. Resultados obtidos da Parede Viva**

Desde o início que se pretendia um compromisso sustentável para com o edifício e deste com a sua envolvente. Pretendia-se ainda uma imagem natural do mesmo como efeito mediático, despertando a curiosidade de quem o observasse.



Figura 46 - Numa primeira abordagem, parece que a imagem natural da parede viva do museu é capaz de surpreender, não deixando indiferente quem por ali passa (Retirado de: Blanc, 2012)

Do ponto de vista sustentável, a parede viva concebida como uma camada dupla, independente da parede estrutural e com a sua caixa-de-ar fechada, proporciona isolamento térmico, contra o frio no Inverno, traduzindo-se por poupanças energéticas em aquecimento. Durante o Verão funciona também como isolador do ar quente, traduzindo-se na diminuição em gastos energéticos com sistemas de arrefecimento. A vegetação presente na fachada Norte do edifício protege-o ainda das indesejáveis intempéries, assim como dos elevados níveis de poluição do ar e de ruído caraterísticos das grandes cidades como Paris. (Guillauc, 2010)

Para além das vantagens para o próprio edifício, a parede verde do museu é também benéfica para a envolvente local e regional. Esta potencia a biodiversidade, uma vez que oferece habitat natural para determinados insetos, assim como aranhas, pássaros e morcegos. Esta tem um papel fundamental na purificação do ar envolvente, absorvendo CO<sub>2</sub> e libertando oxigénio, para além de contribuir para a diminuição do efeito “ilha de calor” caraterístico da cidade de Paris, uma vez que liberta humidade, capaz de arrefecer o ar envolvente ao edifício. (Blanc, Le Mur Végétal - De la nature á la ville., 2011) (Somine, 2008)

Finalmente a questão: será que a parede viva do museu cumpriu a sua tarefa estética e mediática que se procurava? A resposta de Somine (2008) é que a opinião pública tem sido bastante positiva. Em termos estéticos, foi conseguida uma boa relação da arquitetura, inclusive a proporção da fachada e vãos com a vegetação plantada. Na opinião de Velazquez (2011), quem por ali passa não fica indiferente, sente vontade de tocar, tendo a sensação de

estar perante uma floresta tropical. Sentem ainda uma sensação de magia, proporcionada pelo reflexo vegetal nos seus grandes vidros espelhados.

De fato, esta escultura viva, como muitos lhe chamam, permite ao ser humano, a recriação de um sistema de vida muito semelhante ao natural. Poder-se-á mesmo dizer, segundo Guillauc (2010), que: “*Patrick Blanc introduziu a floresta tropical no coração de Paris:*” Assim sendo poder-se-á dizer que a parede viva do museu conferiu mediatismo à obra, tornando-se no seu elemento de referência. Segundo Lee (2011), esta é certamente a obra mais importante para o seu autor, o que lhe confere ainda mais mediatismo.



**Figura 47 - Esteticamente foi conseguida harmonia entre a arquitetura e a vegetação, proporcionando-se ainda uma agradável sensação tropical no coração de Paris (Retirado de: Velazquez, 2011)**

Mesmo reconhecendo o mérito do botânico Patrick Blanc, há um aspeto técnico na conceção desta parede viva que merece reparo. Segundo Somine (2008) e Velazquez (2011), existem alguns problemas com o sistema de irrigação, aparentemente causada por um corte durante o processo de instalação, o que está a originar a morte de algumas plantas, necessitando estas de serem substituídas como se verifica na seguinte figura:





Figura 48 - Algumas plantas da parede encontram-se mortas, por causa de eventuais falhas no sistema de rega (Retirado de: Velazquez, 2011)



# Capítulo V

---

## 5. Caso de estudo Cidade de Lisboa

Depois do estudo realizado nos capítulos anteriores, em que no capítulo II se fez uma revisão da falta de espaço verde e sua importância nos grandes centros urbanos, no capítulo III se estudou os jardins verticais e as diferentes técnicas para a sua implementação e de no capítulo IV se ter analisado a sua aplicação em quatro casos de referência, agora no presente capítulo, estudar-se-á a sua possível aplicação em edifícios na cidade de Lisboa.

A intensão da inclusão de Infraestruturas Verdes Verticais (IVV) na cidade de Lisboa assenta na perspetiva de melhoria do sistema de unidade estruturante da cidade, mais concretamente à estrutura ecológica secundária, que é aqui entendida como uma estrutura ecológica urbana que visa fomentar e intensificar os processos ecológicos em áreas edificadas.

Constitui assim uma estrutura de proteção, de regulação climática e de suporte da produção vegetal integrada no tecido edificado, integrando vazios urbanos, espaços públicos adjacentes às áreas mais urbanizadas, nomeadamente zonas residenciais, de serviços, de equipamentos de atividades económicas, áreas livres de proteção às infraestruturas, logradouros, hortas urbanas, ente outros. (Ferreira, 2010)

### 5.1. Caraterização da cidade de Lisboa

#### 5.1.1. Estrutura Ecológica

Para a caraterização espacial dos espaços verdes numa cidade pode ser utilizado um índice em que estes são classificados de acordo com as respetivas funções e dimensões, sendo-lhes atribuído um determinado raio de influência (Souto Cruz, et al, 2012)

- Espaços verdes com funções de parques periurbanos - com área superior a 50 ha e raio de influência de - 7000 m;
- Espaços verdes centrais - com área entre 10 e 50 ha e raio de influência de 1000 m;
- Espaços verdes urbanos - com área entre 2,5 e 10 ha e raio de influência de 500 m;
- Espaços verdes de vizinhança - com área entre 0,75 e 2,5 ha ou inferiores quando considerados como jardins históricos ou inseridos em conjuntos com área superior a 1 ha e raio de influência de 250 m.

Com áreas e raios de influência inferiores existem ainda:

- Espaços verdes locais e de enquadramento de zonas edificadas, geralmente de uso público ou com restrições;
- Espaços verdes de enquadramento a ferro e rodovias;
- Espaços verdes de enquadramento a pistas aeronáuticas.

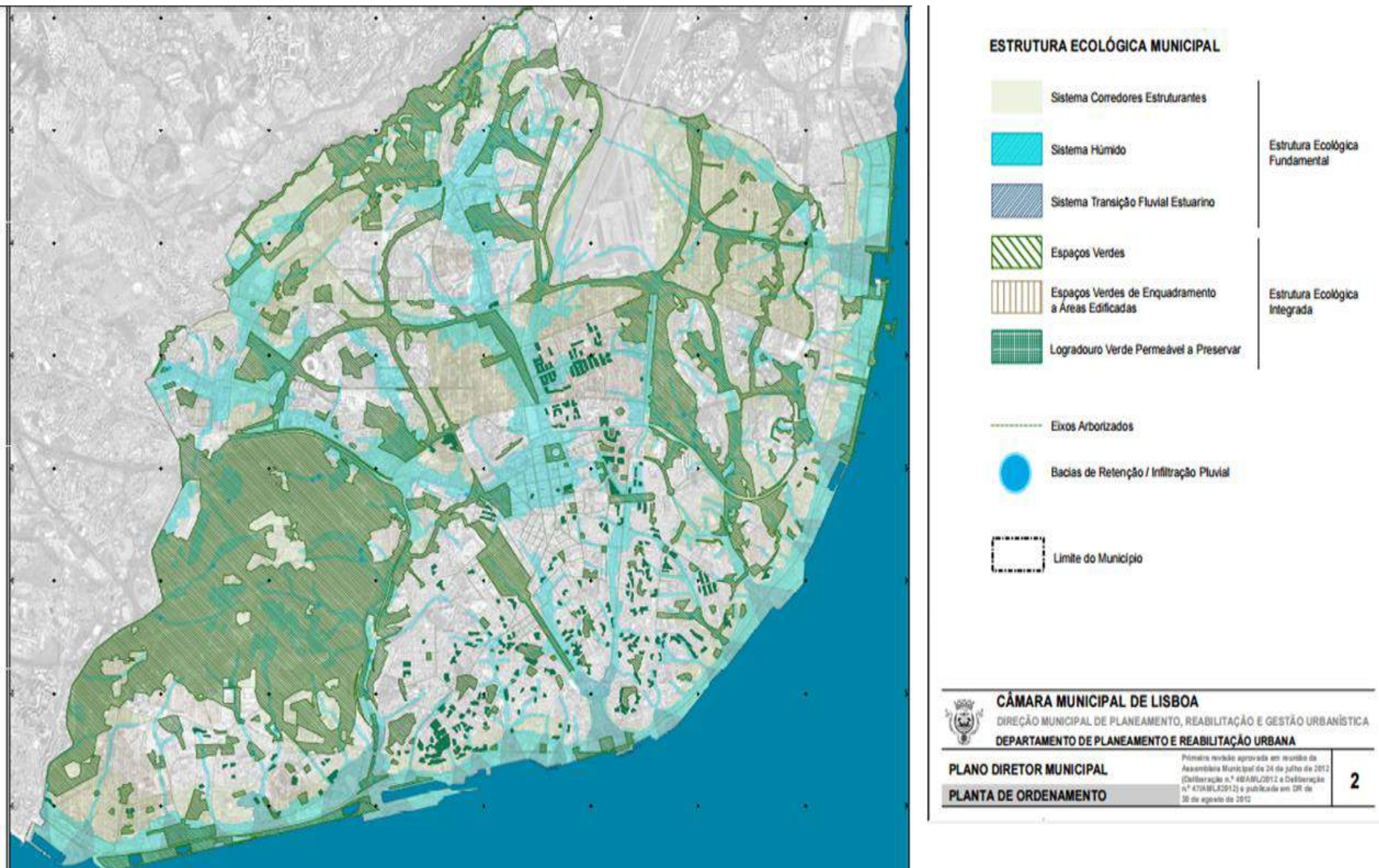


Figura 49 - Estrutura Ecológica de Lisboa (fonte PDM Lisboa, 2012)

Com base na cartografia da cidade (Figura 49) a área total de espaços verdes é de 1 953,1 ha, o que corresponde ao somatório dos diversos tipos de espaços, concretamente: (Souto Cruz, et al, 2012)

- Parques periurbanos (Parque Florestal de Monsanto/Tapada da Ajuda) – 978,2 ha;
- Parques centrais – 165,6 ha;
- Parques urbanos – 122,9 ha;
- Parques de vizinhança – 36,9 ha.
- Espaços verdes locais e de enquadramento de zonas edificadas, geralmente de uso público ou com restrições – 478,2 ha;
- Espaços verdes de enquadramento a ferro e rodovias – 67,7 ha;
- Espaços verdes de enquadramento a pistas aeronáuticas – 103,6 ha.

A carência em espaços verdes num determinado município pode ser avaliada de duas formas: através de valores globais, obtidos pela capitação de espaços verdes ou através de uma avaliação espacial, em que se verifica quais as áreas habitadas situadas fora dos raios de influência dos diversos tipos de espaços verdes. (Souto Cruz, et al, 2012)

As normas da CCDR-LVT<sup>20</sup> relativas à capitação de espaços verdes apontam como valores de referência 30 m<sup>2</sup> /habitante, sendo 20 m<sup>2</sup> de espaços incluídos na Estrutura Verde Principal e 10 m<sup>2</sup> de espaços incluídos na Estrutura Verde Secundária.

Na figura 52 pode-se observar a carência de espaços verdes versus a distribuição da densidade populacional em Lisboa e na figura 53 e 54 pode observar-se o uso e ocupação do solo na área metropolitana de Lisboa e o uso e ocupação do solo em detalhe na cidade de Lisboa.

---

<sup>20</sup> Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo



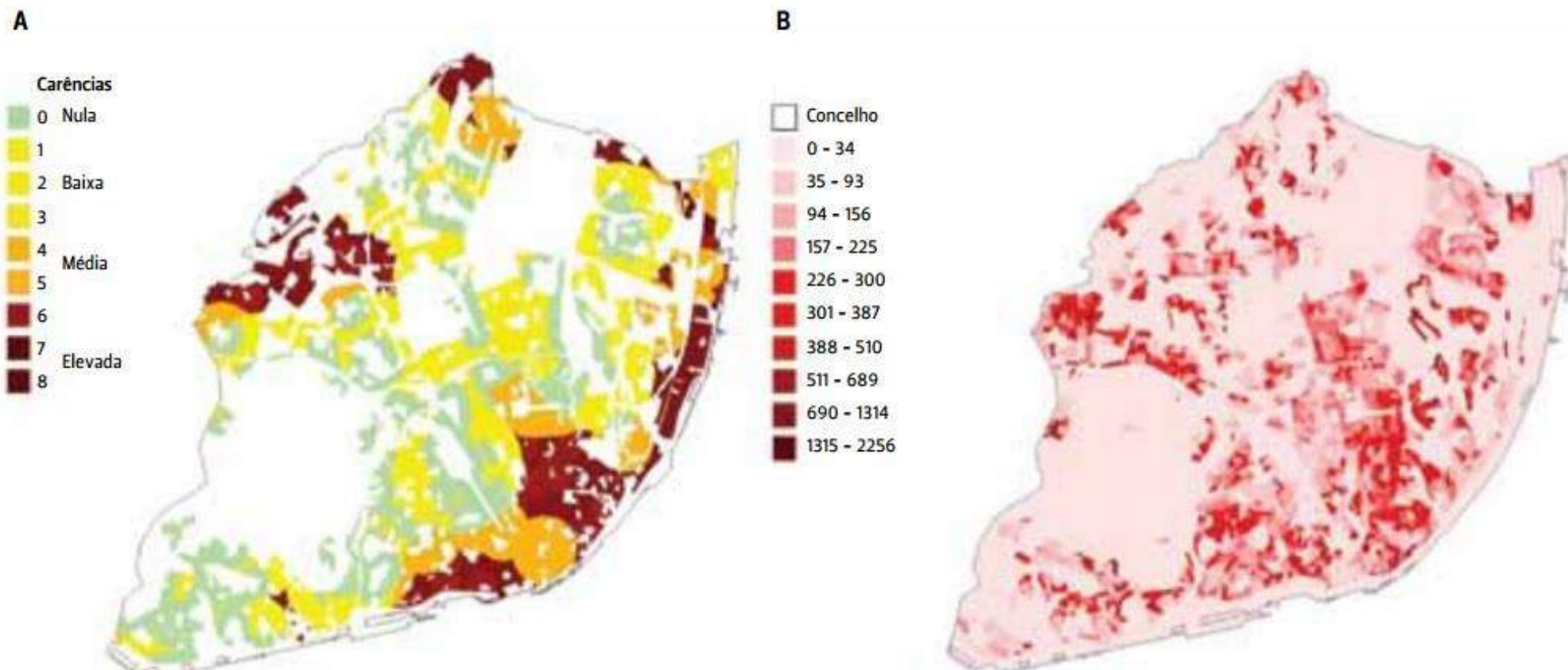


Figura 50- (A) Carência de espaços verdes nas áreas edificadas e (B) Densidade da população residente em Lisboa (segundo dados de CML, 2012b).

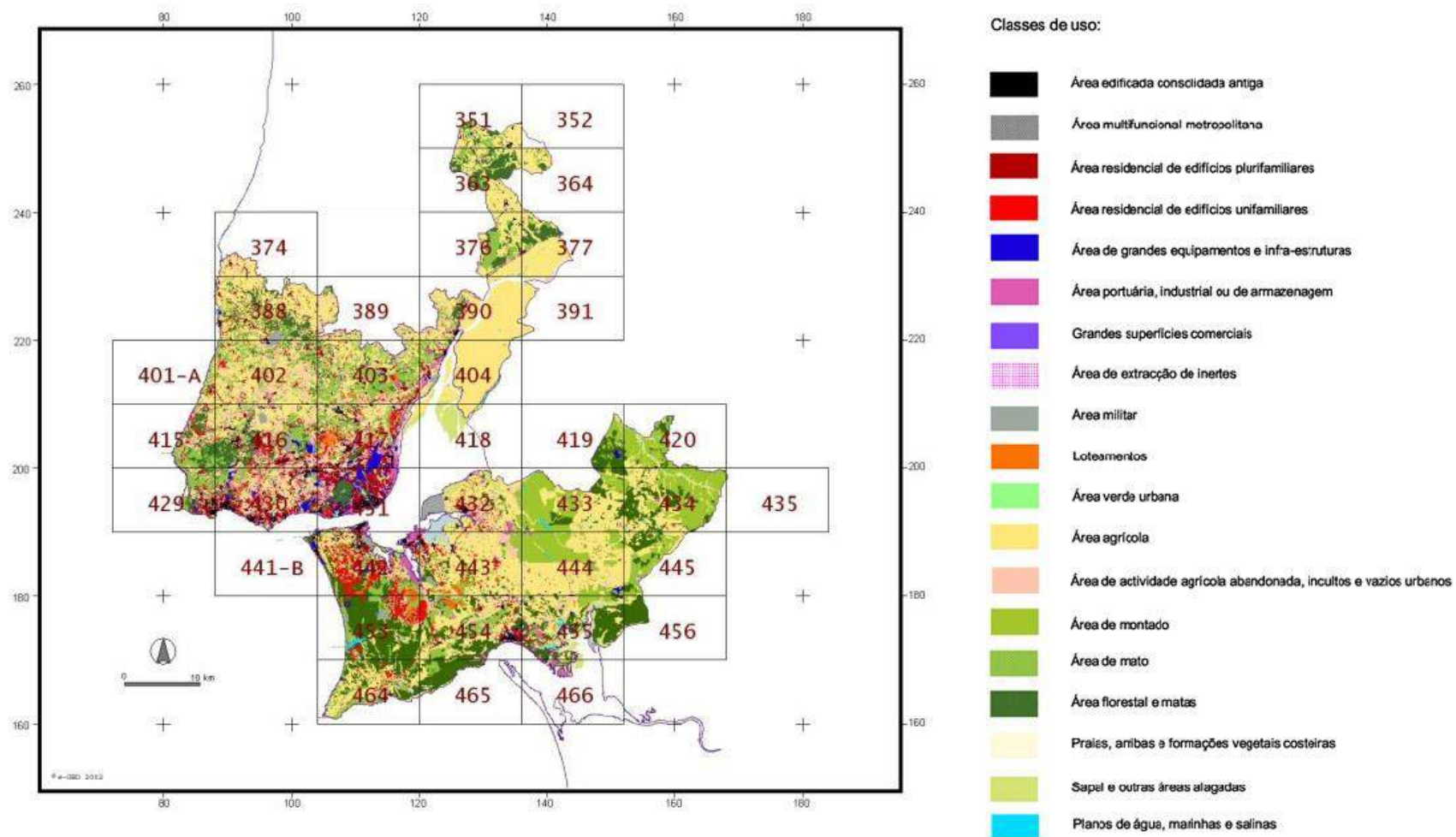


Figura 51 - Uso e ocupação do solo na zona metropolitana de Lisboa (fonte: estudo de geografia e planeamento regional, 2015)

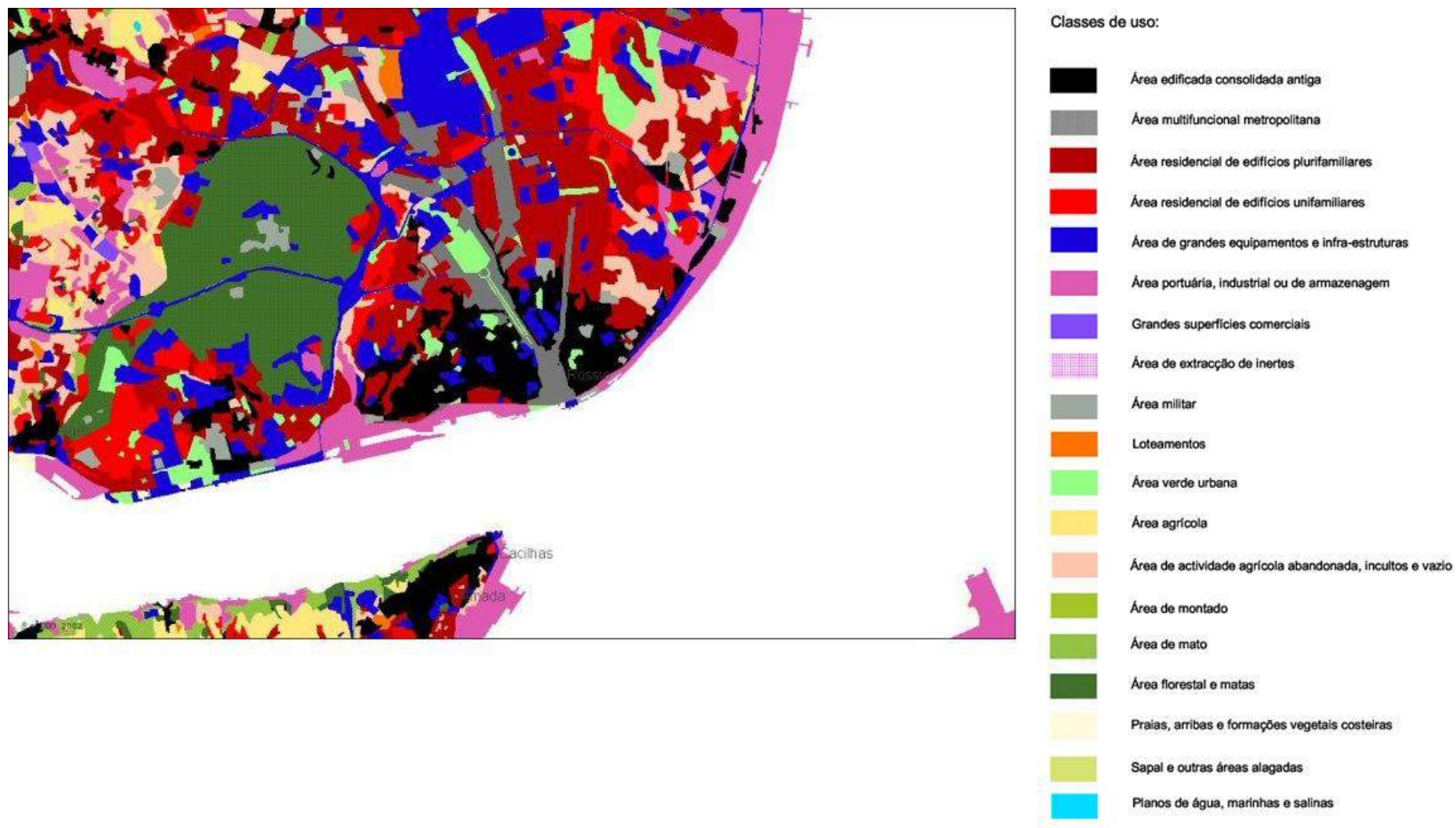


Figura 52 - Uso e ocupação do solo na zona histórica de Lisboa (fonte: Centro de estudos de eografia e laneamento egional, 2015)

Constata-se que a cobertura de espaços verdes dos tipos em referência é insuficiente, em especial na zona Noroeste da cidade, onde as áreas classificadas como espaços verdes no PDM em vigor, mas ainda não instalados, poderão assegurar em parte essa carência. (Souto Cruz, et al, 2012)

Outra zona de fortes carências em espaços verdes corresponde à zona histórica central, onde sendo possível resolver parcialmente a carência de espaços verdes de vizinhança, tal já não o é ao nível de espaços de dimensão superior, pelo que a implementação de espaços públicos de desafogo urbano terá de contribuir para suprir parcialmente essa falha. (Souto Cruz, et al, 2012)

Outro aspeto interessante de analisar é o uso e ocupação do solo na cidade de Lisboa que como representado nas figuras 53 e em detalhe na figura 54 é fortemente marcado por área edificada antiga e área residencial de edifícios plurifamiliares.

Na globalidade da cidade apenas 184 377 habitantes se encontram em área sem carências de Espaços Verdes, como se pode constatar na tabela 9.

**Tabela 12 - População servida pelos diversos tipos de espaços verdes** Fonte: (Souto Cruz, et al, 2012)

	POPULAÇÃO SERVIDA (hab)	PERCENTAGEM (%)
<b>Parques periurbanos</b>	564564	100,0
<b>Parques centrais</b>	385192	68,2
<b>Parques urbanos</b>	348771	61,8
<b>Parques de vizinhança</b>	286636	50,8
<b>Todos os tipos de espaços verdes</b>	184377	32,7

A introdução de Infraestruturas Verdes Verticais que têm a particularidade de serem instaladas sobre as zonas edificadas pode ser encarada como uma solução para a criação de novos espaços verdes na cidade.

Outro dos pontos de interesse para a aplicação de Infraestruturas Verdes Verticais na cidade de Lisboa é a necessidade de reabilitação de grande parte dos edifícios que constituem a zona Noroeste da cidade bem como os edifícios da zona histórica central que, por sua vez, como analisado anteriormente, são também as zonas com maior necessidade de zonas verdes.



## 5.2. Exemplo de uma aplicação prática do Caso de Estudo: Bessa Hotel Avenida da Liberdade

Considerando a análise anteriormente feita onde verificamos as carências da estrutura ecológica secundária bem como as zonas com maior potencial para recuperação, pretende-se, neste capítulo, fazer uma demonstração da aplicação de um jardim vertical na zona histórica de Lisboa que surgiu da recuperação de um prédio devoluto bem como analisar as mais-valias ao seu desempenho.

O caso que escolhi para o estudo foi o Bessa hotel Av. Da Liberdade, em Lisboa, pois foi uma obra que tive oportunidade de acompanhar desde início e atualmente fazer toda a sua monitorização.

### 5.2.1. Caracterização e identificação do hotel

**Nome:** Bessa Hotel Liberdade

**Localização:** Lisboa, Portugal

**Autor:** MVENTURA & PARTNERS SGPS S.A. (Arquitetura); Casais S.A. (Construção); Terracell (Parede viva)

**Proprietário:** Grupo Bessa Hotéis

**Tipologia:** Hotel

**Área de implantação:** 315 m<sup>2</sup>

**Ano:** 2014

**Elementos Verdes:** Fachada SE, voltada para o pátio interior do hotel. Composta por mais de 1000 plantas e com cerca de 13 espécies diferentes.



Figura 53 – Jardim Vertical Bessa Hotel Liberdade 24 de Agosto 2015 (fonte: Terracell, 2015)

### 5.2.2. Enquadramento urbano do hotel

O Bessa Hotel Liberdade encontra-se situado numa das mais movimentadas avenidas de Lisboa, a avenida da Liberdade. É um edifício completamente integrada com a envolvente pois surgiu da recuperação de dois prédios devolutos numa das principais avenidas históricas da cidade. Nesta nova construção foram tidas como principais preocupações o desempenho energético e ambiental do edifício mantendo toda a originalidade das fachadas exteriores.

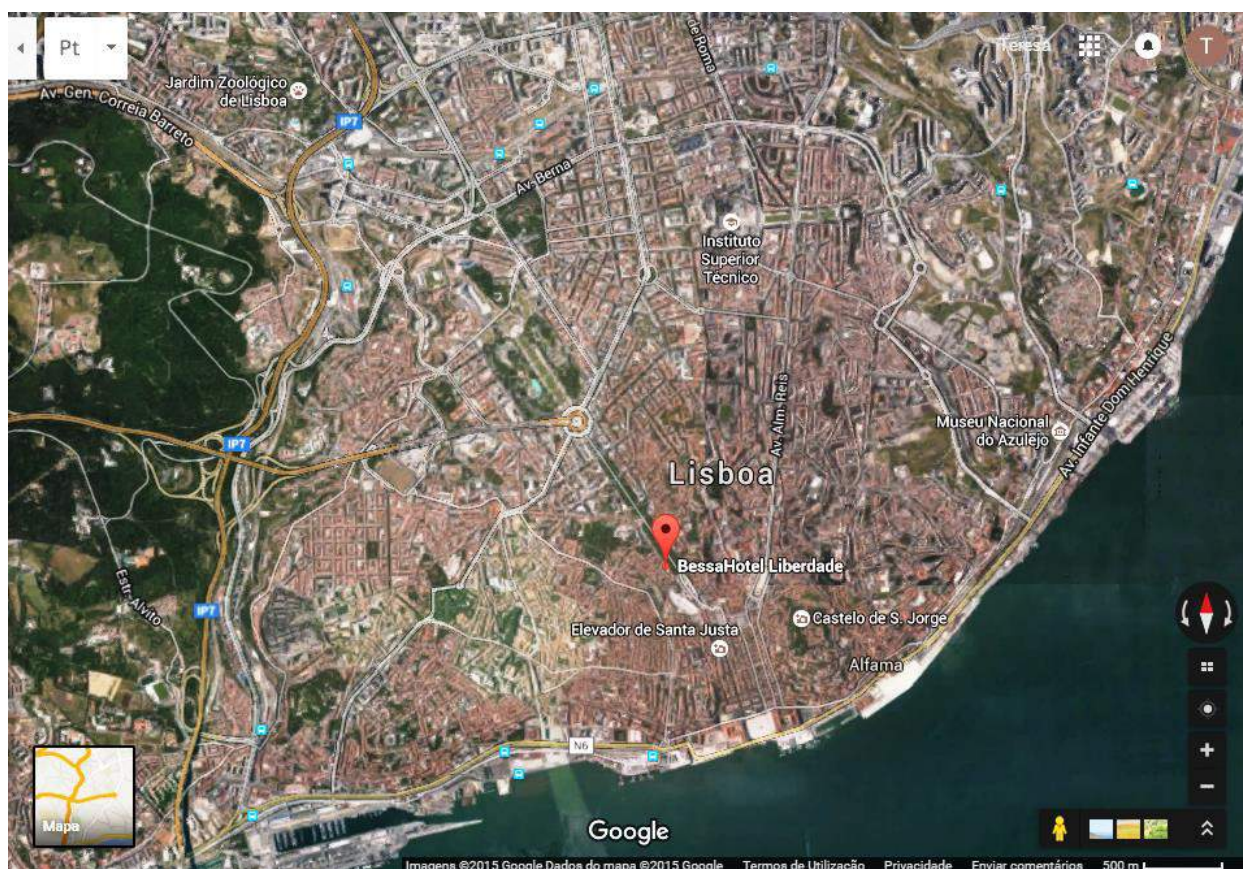


Figura 54 – Localização do Bessa Hotel Av. Da Liberdade (fonte: googlemaps, 2015)

### 5.2.3. Estrutura Verde adotada

Sendo uma das zonas de destaque do hotel o pátio interior do edifício conta com um jardim vertical de enorme destaque. Considerando a relação entre as características do local e a envergadura desta estrutura optou-se por criar uma parede viva que permitisse um desenvolvimento o mais natural possível, com recurso ao mínimo de manutenção e que oferecesse a sensação de naturalidade e comodidade aos hóspedes do hotel.

#### 5.2.4. Caraterísticas da parede viva

A parede viva do Bessa Hotel Liberdade é constituída pelo sistema TERRAWALLY e foi desenvolvido pela empresa Terracell. Este sistema é, de acordo com a designação atribuída às paredes vivas, um sistema pré- fabricado com recurso a substrato. É constituído por uma estrutura metálica para suporte dos sacos TERRAWALLY que são desenvolvidos com recurso a tecnologia militar impedindo a passagem de humidade para a parte posterior dos sacos que está em contato com a parede do edifício. (TERRACELL, 2015)

##### *5.2.4.1. Espécies de plantas usadas:*

A seleção de plantas foi feita com o objetivo de transmitir um sensação de naturalidade baseada em tonalidades de verdes e com um desenvolvimento radicular reduzido para garantir o seu bom desenvolvimento no reduzido espaço com substrato bem como uma parte aérea volumosa de modo a preencher toda a fachada. O jardim Vertical do Bessa Hotel Liberdade conta com as seguintes espécies de plantas:

Tabela 13 - Lista das principais espécies que compõem o Jardim Vertical do Bessa Hotel Liberdade (fonte: Terracell, 2015)

Espécie	Luminosidade	Necessidade de rega	Ciclo de vida
<i>Nephrolepis exaltata</i>	Luz Difusa, Meia Sombra	Frequente, pulverizações em dias secos	Perene
<i>Festuca glauca</i>	Sol pleno, meia sombra	Resistente a períodos de estiagem	Perene
<i>Chlorophytum comosum 'Vittatum'</i>	Sombra parcial	Mantidas húmidas, mas não excessivamente molhada	Perene
<i>Asparagus densiflorus Sprengeri</i>	Meia Sombra	Periódica	Perene
<i>Agave angustifolia</i>	Sol Pleno	Devem ser poucas e esparsas, apenas quando o substrato secar	Perene
<i>Hederahelix</i>	Meia Sombra, Sol Pleno	Irigado periodicamente	Perene
<i>Phormium flamingo</i>	Meia Sombra, Sol Pleno	Irigado periodicamente	Perene
<i>Pittosporum nana</i>	Sol Pleno	Não tolera solos muito húmidos	Perene
<i>Carex nana oshimensis</i>	Meia Sombra	Solos húmidos	Perene
<i>Stipa tenuissima</i>	Sol pleno	Não tolera solos muito húmidos	Perene
<i>Ophiopogon japonicus</i>	Luz Difusa, Meia Sombra	Solos húmidos	Perene
<i>Ophiopogon planiscapus nigrescens</i>	Meia Sombra, Sol Pleno	Mantidas húmidas, mas não excessivamente molhada	Perene
<i>Monstera deliciosa</i>	Meia Sombra, Sol Pleno	Irigado periodicamente	Perene

Outra das preocupações relativamente à distribuição das plantas foi a sua maior ou menor necessidade de água bem como a sua tolerância à exposição solar pois dada a orientação da fachada a SE e a disposição das restantes estruturas do edifício existem zonas de sombra, meia sombra e sol. Assim sendo podemos observar uma distribuição uniforme horizontal de plantas de acordo com as suas necessidades, as plantas com maiores necessidades hídricas encontram-se nas zonas inferiores de modo a que tolere a água que, por gravidade, chega dos sacos superiores.

#### **5.2.5. Sistema de rega**

O sistema de rega utilizado nesta estrutura verde é composto por 5 setores de modo a garantir que cada espécie de planta recebe a quantidade de água que necessita bem como para o caso de ser necessário introduzir algum fertilizante ou adubo num determinado local ou espécie não interferir com o restante sistema de rega.



# TERRACELL

Geotecnia e estabilização de solos

JARDIM VERTICAL  
BBON

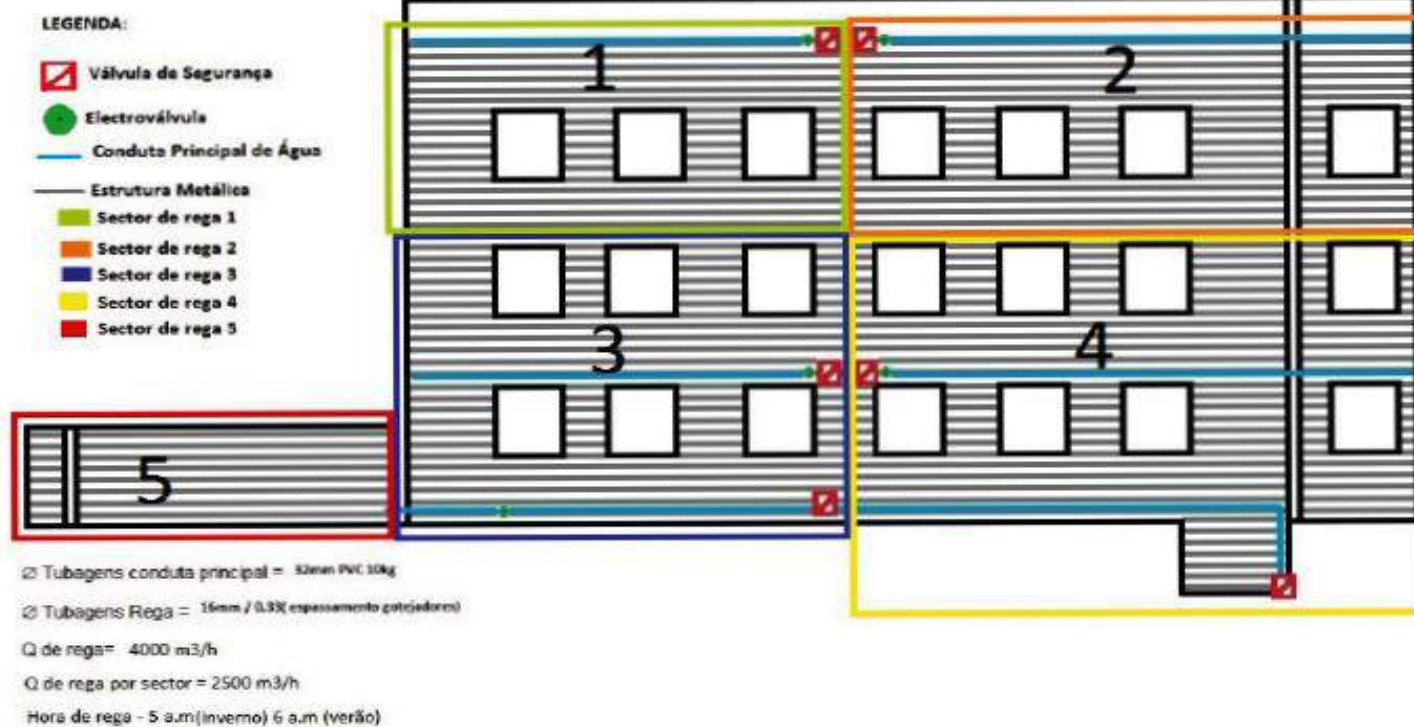


Figura 55 - Esquema de rega por sectores Bessa Hotel Liberdade (fonte: Terracell, 2015)



Outra particularidade do sistema de rega é a existência de um sistema de fertirrega que introduz proporcionalmente a quantidade de fertilizante necessária de acordo com o caudal de água que entra no sistema de rega, ou neste caso, a quantidade de água que vai para cada setor.

**TERRACELL**  
Geotecnia e estabilização de solos

JARDIM VERTICAL  
BBON



- 1- Válvula Mestra ;
- 2- Filtro da rede;
- 3- Válvula anti poluição
- 4- Válvula de Retenção
- 5- Electroválvula da Fertirrega \*;
- 6- Válvula de Segurança I para manutenção Dosatron;
- 7- Dosatron;
- 8- Válvula de Segurança II para manutenção do Dosatron;
- 9- Válvula de Segurança III anti-retorno;
- 10- Controlador Automático;
- 11- Electroválvula Mestra \*.

\* Funcionamento em simultâneo

Figura 56 – Sistema de rega instalado no Bessa hotel Liberdade. (fonte: Terracell, 2015)

### 5.2.6. Manutenção

Tratando-se de uma estrutura viva o crescimento e o bom desenvolvimento das plantas requer um cuidado e acompanhamento extremo como qualquer jardim bem cuidado. A manutenção do Jardim vertical é feita uma vez por semana com recurso a escalada de modo a alcançar todas as zonas e plantas existentes. (TERRACELL, 2015)

As operações de manutenção que são realizadas nesta estrutura verde vertical são:

- Ajuste do sistema de rega de acordo com as condições climatéricas e necessidade das plantas;
- Adubação;
- Substituição de plantas;
- Colocação de terra;
- Controlo de infestantes.



Figura 57 – Operação de manutenção Jardim Vertical Bessa Hotel (fonte: Terracell, 2015)

### 5.2.7. Evolução e desempenho da Parede Viva

Tratando-se de uma estrutura verde vertical e do ainda precoce estado de evolução destas tipologias de jardim bem como das técnicas de manutenção que requerem todos os aspetos de desenvolvimento desta estrutura foram acompanhados com a máxima proximidade possível de modo a garantir o seu sucesso bem como justificar a existência de uma estrutura deste tipo ao nível ambiental e económico.

Os aspetos que em primeira instância preocupam o dono do hotel é o conforto ou incómodo que a infraestrutura verde pode trazer aos hóspedes e este aspeto é assegurado mantendo a estrutura cuidada e sempre satisfazendo as necessidades das plantas de modo a não se verifique a necessidade de intervenções profundas que alterem ou ponham em causa a dinâmica de funcionamento do hotel.

Outro aspeto que é alvo de análise é o desempenho da estrutura verde no que diz respeito aos consumos hídricos bem como outros benefícios que possam trazer ao edifício, como por exemplo, um melhor desempenho energético e consecutivamente maior poupança de energia. Estes aspetos têm influência direta na gestão económica do hotel.

Neste estudo que foi realizado sobre o Bessa hotel apenas foi possível analisar os consumos de água da parede viva. No que diz respeito às mais-valias térmicas/energéticas que a estrutura trás ao edifício ainda não foram possíveis de contabilizar pois é necessário um período de tempo mais alargado para fazer estas medições e tirar conclusões plausíveis.

Contudo, tendo em conta outros casos de referência sabemos que, em teoria, as infraestruturas verdes verticais desta tipologia são uma mais-valia a estes níveis.

#### 5.2.7.1. Construção da Parede vida

A parede viva que existe no Bessa hotel Av. Da Liberdade começou a ser construída em meados de Fevereiro de 2014 em simultâneo com as restantes obras do hotel, foram feitos estudos sobre o tipo de plantas que melhor se adaptavam ao local e que por outro lado iam de encontro aos objetivos do dono de obra.

O desenvolvimento desta estrutura foi dividida em diferentes fases numa primeira fase foi criada uma estrutura metálica para suporte do sistema TERRAWALLY e de modo a facilitar a posterior instalação das tubagens de rega bem como a suportar toda a carga imposta por um jardim vertical com esta dimensão.

Numa segunda fase foram instaladas as tubagens de rega principais que alimentam os 5 setores.

A terceira fase consistiu na colocação dos sacos TERRAWALLY e posterior enchimento com terra vegetal.



Por fim procedeu-se à plantação das espécies escolhidas.

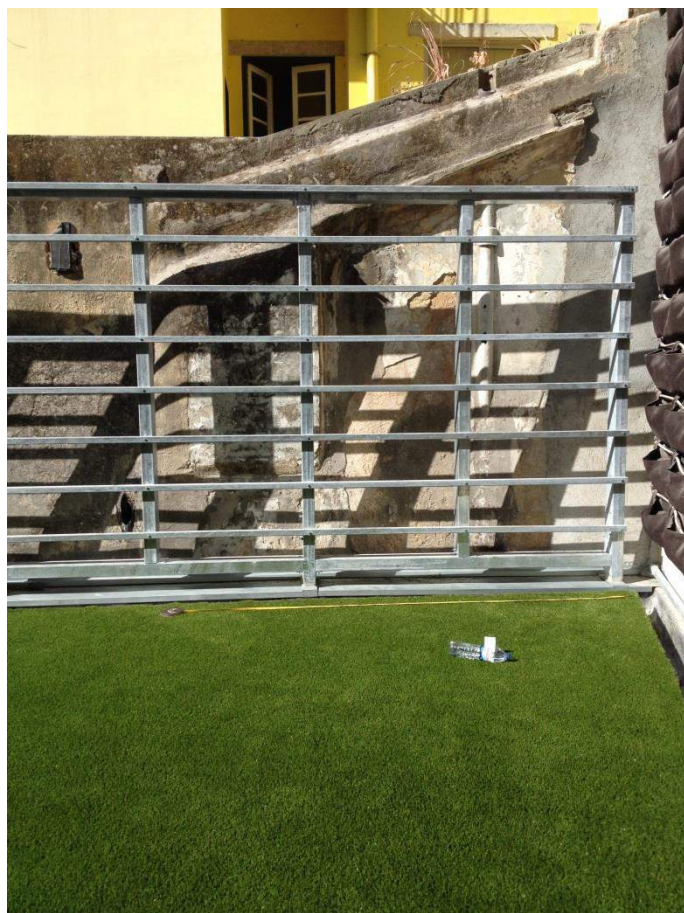


Figura 58 – Fase 1 e 3 da construção da parede viva do Bessa Hotel Av. Da Liberdade(Fevereiro de 2014)

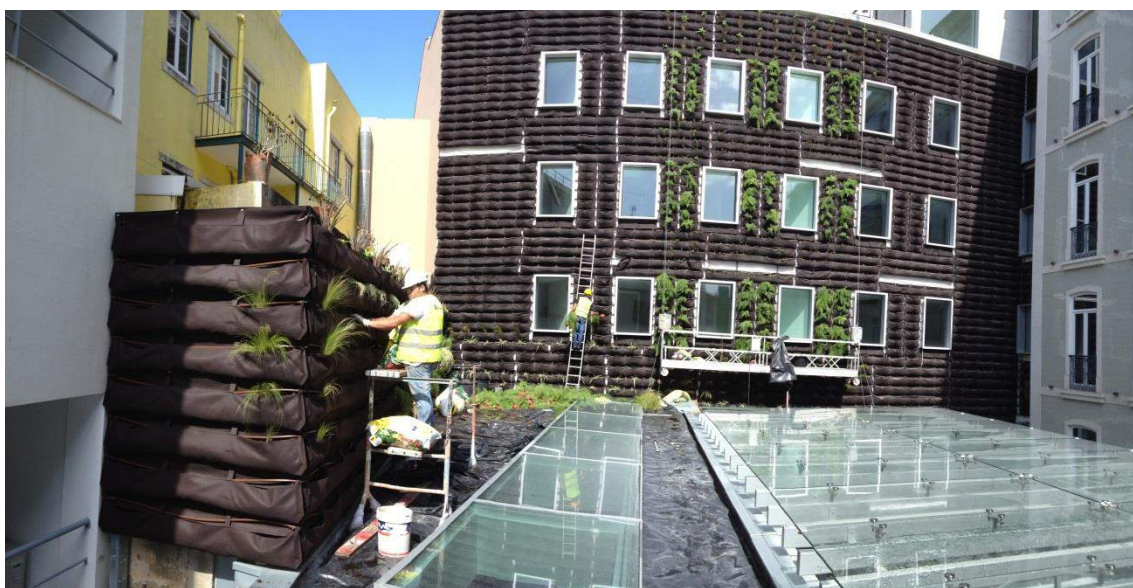


Figura 59 - Fase 4 da construção da parede viva do Bessa Hotel Av. Da Liberdade(Março de 2014)



#### 5.2.7.2. Evolução da Parede viva

O jardim vertical do Bessa Hotel Av. Da Liberdade ficou concluído em Novembro de 2014, ao longo do período de maturação e desenvolvimento das plantas a resposta foi bastante positiva como se pode verificar pelas imagens seguintes:



Figura 60 - Jardim Vertical Bessa Hotel Av. Da Liberdade - Janeiro de 2015





Figura 61 - Jardim Vertical Bessa Hotel Av. Da Liberdade - Abril de 2015



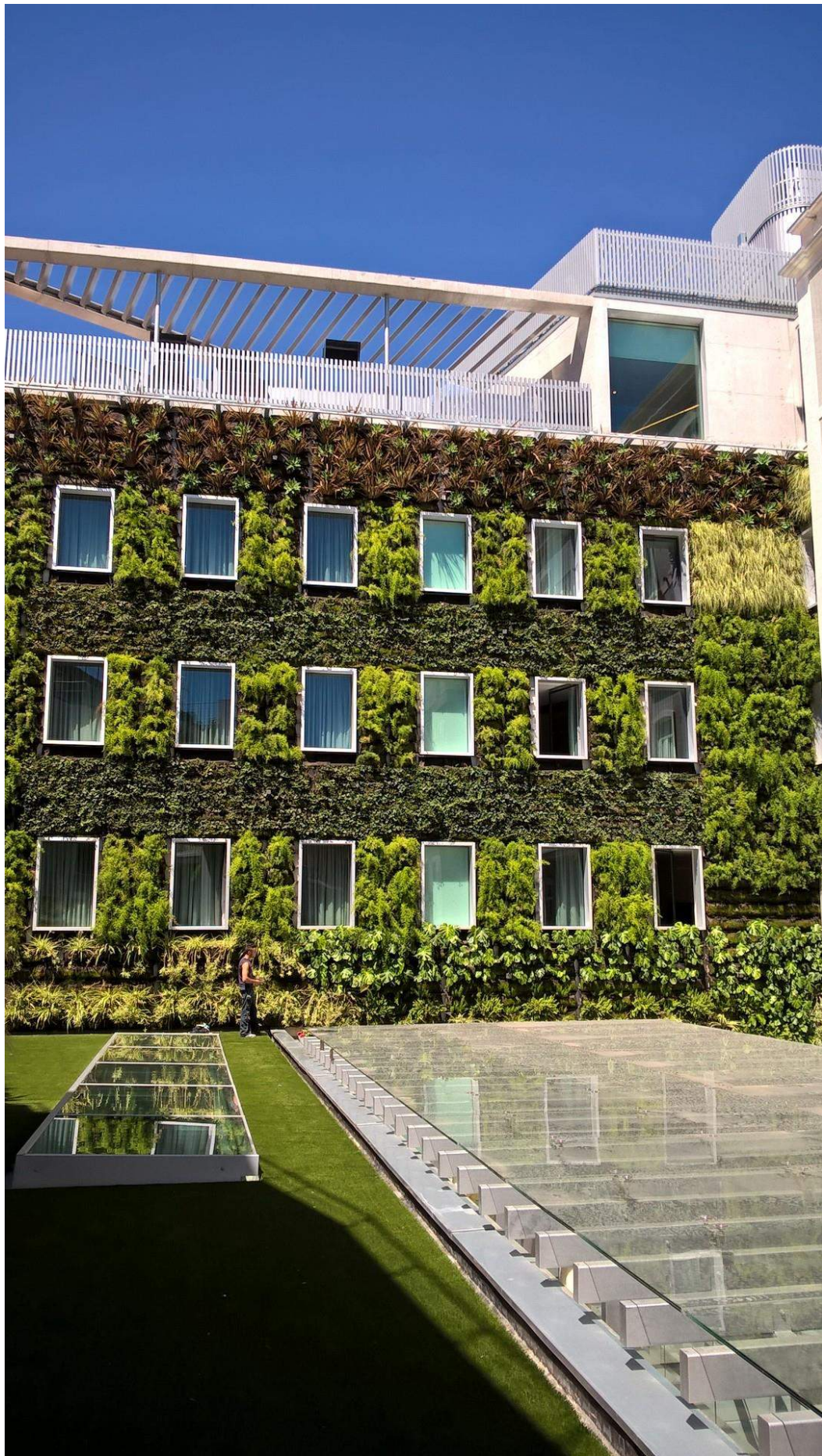


Figura 62 - Jardim Vertical Bessa Hotel Av. Da Liberdade – Agosto de 2015

### 5.2.7.3. Desempenho da parede Viva

Os aspetos que foram considerados para o cálculo do desempenho da parede viva foram os consumos de água, pois em relação aos benefícios térmicos/ energéticos que a estrutura viva importa para o edifício ainda não foram possíveis de apurar dado que a existência desta estrutura ainda é muito recente.

Os consumos apurados resultam do cálculo do número de gotejadores e do débito (l/h) de cada um. De acordo com as indicações do fabricante cada gotejador tem um débito de 2,20 l/h que equivale a 0,0022 m<sup>3</sup>/h, pelo que de acordo com o número total de gotejadores (2894) há um consumo na ordem dos 6,40 m<sup>3</sup>/h.

De acordo com os tempos de rega que foram registados por setor há um consumo médio diário na ordem dos 5,88 m<sup>3</sup> de água.

Considerando que até a esta fase as plantas estavam num período de adaptação a disponibilidade de água e nutrientes teve de ser satisfeita com recurso aos tempos de rega registados.

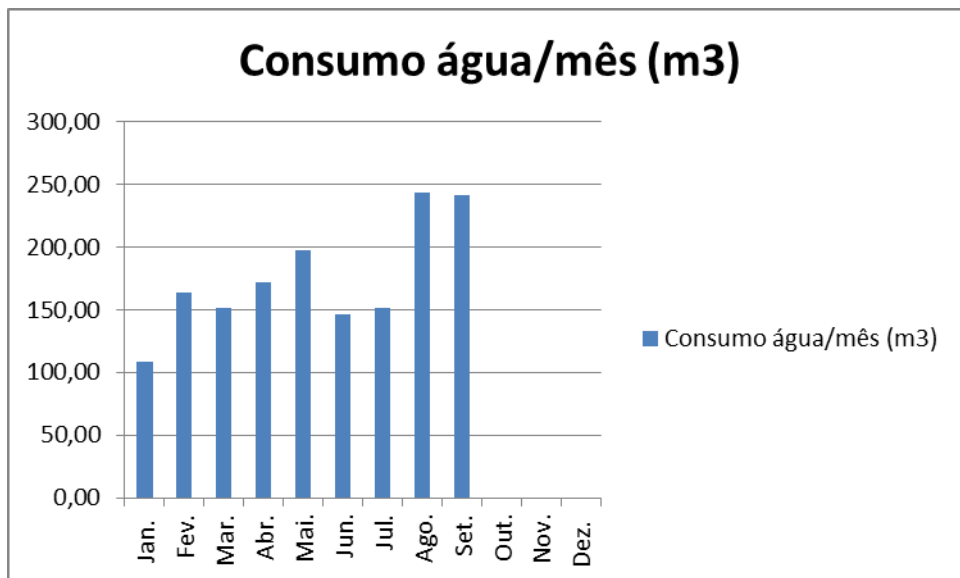


Figura 63 – Evolução de consumos hídricos da parede viva do Bessa Hotel Av. Da liberdade

Fazendo uma análise aos consumos hídricos mensais pode-se notar que em Agosto e Setembro se notou um aumento significativo do consumo de água. Tal fato deveu-se maioritariamente às temperaturas registadas nestas alturas do ano bem como resultado da redução de consumo entre Junho e Julho que provocou em algumas plantas uma notória manifestação da necessidade de água.

Estima-se que estes consumos, apesar de estarem dentro dos valores normais para uma estrutura verde com 315 m<sup>2</sup>, possam ser otimizados, pois considerando a fase de maturação em que as plantas se encontram e superada a fase de adaptação e de estudo ao comportamento da parede viva está-se em condições de reduzir os tempos de rega bem como adotar outras metodologias de rega.

## 6. Conclusão

Na abordagem ao tema dos jardins verticais foi possível conhecer o conceito das várias tipologias de Infraestruturas Verdes Verticais, assim como esclarecer questões relacionadas com a sua rega, manutenção e seleção de plantas, apontando para as suas vantagens ou desvantagens.

De forma conclusiva, ao longo do tempo, substancialmente depois da revolução Industrial do século XVIII, a sociedade deparou-se com enormes transformações sociais e económicas, nomeadamente com a sua mudança do campo para a cidade. Desta forma deu-se origem à criação dos grandes núcleos urbanos, característicos ainda hoje pelos seus problemas de sustentabilidade, em muito potenciados pela escassez e mau estado do espaço verde urbano. Esta nova realidade na forma de viver e ocupação do espaço potenciou o afastamento do Homem com a Natureza, constituindo-se numa causa para a degradação, social, ambiental e económica das cidades.

Como forma de potenciar a aproximação do ser humano com o ambiente natural, local propício e gerador de qualidade de vida, os jardins verticais assumem-se como uma forte alternativa à escassez referida.

Os jardins verticais já são usados desde a antiguidade, visto que os primeiros relatos das suas aplicações remontam ao ano 600 a.C., no Antigo Oriente, em situações que plantas à base de trepadeiras cresciam sobre as paredes, no entanto há cerca de 30 anos surgiu um novo conceito denominado originalmente de “Mur Végétal” por Patrick Blanc, que rapidamente se assumiu como reinventor do conceito. Desde então, inúmeras empresas têm usado o seu conceito por vezes de forma diferente mas semelhante, assim como outras se dedicam ao desenvolvimento de novos métodos de suporte de plantas à base de trepadeiras, conceito denominado de “Fachada Verde”, dentro do seio dos jardins verticais.

A presente dissertação apontou e reuniu uma série de vantagens para o edifício, assim como para a envolvente do mesmo, comprovadas pelos 3 casos de referência apresentados. As Natura Towers em Lisboa que apresentam simultaneamente “Paredes Vivas” e “Fachadas Verdes”, a Green Box, uma vivenda em Barcelona conhecida pelas suas características de autossustentabilidade, para as quais a sua “Parede Viva” contribui e o museu Quai Branly em Paris, com a sua mediática “Parede Viva” realizada por Patrick Blanc. Em todos os casos as estruturas verdes adotadas contribuem para melhorias no conforto térmico e acústico dos ocupantes do edifício e consequente poupança energética, entre outras, assim como melhorias para a qualidade do ar exterior, diminuição do efeito “ilha de calor” ou mesmo aumento da biodiversidade. Mais que isso, como referido, os jardins verticais assumem-se aumentando a área “verde” das cidades que há muito se tem vindo a degradar através da expansão urbana desordenada.



No entanto as vantagens apresentadas deverão ser confrontadas com a questão económica aquela que para determinados autores onde se destaca o próprio Luis de Garrido, se traduz numa desvantagem a ter em conta. Este conceito de jardins, nomeadamente as Paredes Vivas produzidas “*in situ*” podem ter custos elevados, na sua elaboração.

Tal facto assume-se como uma das principais razões para a existência de poucas infraestruturas Verdes Verticais deste tipo. É um investimento a ter em consideração, mas ao longo dos anos acaba por ser compensado pelas poupanças em termos energéticos e bem-estar. No que respeita à contenção de gastos com a manutenção, dever-se-á seleccionar plantas que melhor se adaptem ao sistema ou às condições do clima local, constituindo-se desta forma um microssistema independente, que segundo Blanc dispensará manutenções frequentes.

Justificando-se a questão dos custos pelo seu retorno a curto prazo, há que ter ainda em consideração todas as outras vantagens, nomeadamente no que confere à saúde humana, ao aumento da biodiversidade, ao conforto térmico, ou mesmo na melhoria estética do edifício.

No que diz respeito à cidade de Lisboa, enquanto caso de estudo, foi possível retirar conclusões bastante interessantes. Foram identificadas zonas com enorme potencial para a aplicação de jardins verticais. Lisboa tem a particularidade de ter uma zona histórica com uma elevada área edificada consolidada antiga que por sua vez tem uma carência de espaços verdes e que se distingue, também, com uma significativa mancha de densidade populacional. Aspetos que associados justificam a inclusão de Infraestruturas Verdes Verticais como solução para a minimização dos problemas que daqui advêm.

Posto isto, surge como recomendação do estudo realizado a introdução do elemento vegetal como parte integrante do processo de recuperação do edificado nas zonas identificadas. A luz dos programas de reabilitação que estão em vigor por parte do município de Lisboa é com certeza uma mais-valia tanto para o proprietário que vai desfrutar de um edifício mais ecológico e consequentemente mais eficiente como para a cidade, em geral, que ganha novos espaços verdes e uma significativa melhoria da estrutura ecológica secundária.

Outro dos aspetos de interesse será o estudo da inclusão de espécies autóctones certificadas nas Infraestruturas Verdes Verticais de modo a reduzir custos de manutenção da estrutura.

Considerando a aplicação prática do caso de estudo e conhecendo os detalhes de toda a sua execução e manutenção, a tipologia de parede viva pré-fabricada TERRAWALLY assume uma alternativa às paredes vivas produzidas “*in situ*” na medida em que produzidas em larga escala pode-se otimizar os custos de produção e instalação deste sistema.

## 7. Referências bibliográficas

- Alves, T. M. (2010). *A ESTRUTURA ECOLÓGICA URBANA NO MODELO DA REDE ESTRUTURANTE DA CIDADE*. Bubok Publishing S.L.
- Aragão, A. (2011). *Coberturas Verdes - Um Passo para a sustentabilidade*. Porto : Faculdade de Arquitectura do Porto .
- Archiportable. (2005). <http://www.archiportale.com/>. Obtido em 21 de 08 de 2015, de Archiportable: [http://www.archiportale.com/news/2009/04/eventi/a-barcellona-la-casa-giardino-di-luis-de-garrido\\_14840\\_32.html](http://www.archiportale.com/news/2009/04/eventi/a-barcellona-la-casa-giardino-di-luis-de-garrido_14840_32.html)
- Arruda, P. E. (2011). Natura Towers. Ecologia, Energia e Eficiência num complexo de escritórios. *INGENIUM*, 50.
- Baião, L. (2010). Natura Towers - Um projecto sustentado. *OBRAS & PROJECTOS* .
- Barahona, M. (2009). *Arquitectura. El jardín vertical*. Madrid.
- Blanc, P. (2008). *The Vertical Garden*. Norton & CO.
- Blanc, P. (2011). *Le Mur Végétal - De la nature á la ville*. Neuilly - sur - Seine: Michel-Lafon.
- Blanc, P. (2012). Obtido em 21 de 08 de 2015, de <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/#/en/projects/geographical/13>
- Carla Selada . (2010). *RELATÓRIO FINAL DE AVALIAÇÃO PCOC 2010*. Lisboa: Direcção Geral de Saúde.
- Cassini, S. (2005). *Conceitos fundamentais de ecologia* . Vitoria, Brasil : UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO - UFES.
- Castelo-Branco, C., & Soares, A. (2007). *As árvores da cidade de Lisboa*. In J. S. Silva, *Floresta e Sociedade Uma Historia Comum*. Lisboa: Publico, Comunicação.
- Correia, M. P. (2011). *CULTURA EM SISTEMAS HIDROPÓNICOS*. Faro: Universidade do Algarve.
- Dugit, F. (2004). Il crée le mur végétalisé le plus grand du monde. *Heurs a Paris*.
- Farr, D. (2013). *Urbanismo Sustentável - Desenho urbano com a Natureza* . Rio Grande do Sul - Brasil : Bookman.
- Ferreira, J. C. (2010). *Estrutura Ecológica e Corredores Verdes - estratégias territoriais para um futuro urbano sustentável in Pluris 2010*. Faro : 4º Congresso LusoBrasileiro Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável.
- Florentino, C. (2011). *Jardins Verticais, Uma Alternativa Ecológica*. . Lisboa: Arte & Construção.

- Freitas, A. (2011). *Introdução à Engenharia Natural*. Évora: Universidade de Évora e APENA- Associação Portuguesa de Engenharia Natural.
- Ferreira, J. C. (2012). *Estruturas Ecológicas, Infra-estruturas Verdes e Corredores Verdes Estratégias territoriais para um futuro urbano sustentável*. Lisboa: Faculdade Ciência e Tecnologia da universidade Nova de Lisboa .
- Furlani, P. R., Silveira, L. C., & Faquin, D. B. (11 de 09 de 2009). *Cultivo Hidropônico de Plantas*. Obtido em 05 de 03 de 2015, de <http://www.infobibos.com/>:  
[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/Hidroponiap1/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/Hidroponiap1/Index.htm)
- Garrido, L. d. (2011). *ARTIFICIAL NATURE ARCHITECTURE*. Monsa.
- GERHARDT, C., & VALE, B. (2010). *Comparison of Resource Use and Environmental*. New Zealand: School of Architecture, Victoria University of Wellington.
- Gilsanz, J. C. (2007). *HIDROPONIA*. Montevideo - Uruguai : Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología.
- Graeme Hopkins; Christine Goodwin; Milos Milutinovic; Michael Andrew. (2012). *Living wall system for multi-storey buildings in the Adelaide climate*. South Australia: The Government of South Australia.
- Greenscreen. (2015). *GUIDELINES FOR GREEN FACADE PLANT SELECTION*. Obtido em 28 de 07 de 2015, de Greenscreen:  
[http://greenscreen.com/docs/Plants/greenscreen\\_Guidelines%20for%20Plant%20Selection.pdf](http://greenscreen.com/docs/Plants/greenscreen_Guidelines%20for%20Plant%20Selection.pdf)
- GREENWALL CERAMIC. (2012). *Green All Ceramic* . Obtido em 09 de 07 de 2015, de Green All Ceramic : <http://www.greenwallceramic.com.br/o-modulo/caracteristica-tecnicas>
- Groult, J. (2008). *Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur*. Paris: Ulmer.
- Groult, J. (2008). *Créer un mur végétal en intérieur & en extérieur*. Paris: Ulmer.
- Guillauc, I. (2010). “Outros lugares, começam aqui...” com O “muro vegetal” do Museu do Cais Branly em Paris. *5º Simposio Internacional de paisagismo*. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental.
- INE. (2010). *Estatística da construção e habitação 2009*. Lisboa : Instituto Nacional de Estatística .
- Instalação Profissional, I. . (2010). MSF - Natura Towers os segredos de um complexo A+. *Bolina nº 33*.
- Investigação e conhecimento* . (13 de 06 de 2009). Obtido em 03 de 02 de 2015, de <http://investigacoesconhecimentos.blogspot.pt/2009/07/jardins-suspensos-da-babilonia.html>

- Irwin, G. (27 de 04 de 2008). *Green walls archives*. Obtido em 17 de 07 de 2015, de greenroofs.com: [http://www.greenroofs.com/archives/green\\_walls.htm](http://www.greenroofs.com/archives/green_walls.htm)
- Kaltenbach, F. (2008). Lebende Wände, vertikale Gärten – vom Blumentopf zur grünen Systemfassade. *Living Walls, Vertical Gardens – from the Flower Pot to the Planted System Facade*.
- Perini, K., Ottelé, M., E. M. Haas, Rossana Raiteri. (2011). Greening the building envelope, facade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology Vol 1, 1-8*.
- Kazmierczak, A., & Carter, J. (2010). *Adaptation to climate change using - A database of case studies*. Manchester: University of Manchester.
- Laylin, T. (08 de 09 de 2011). Amazing Prefab “Green Box” Has a Double Vertical Garden Shooting Up Through Its Center.
- Lopes, M. (07 de 10 de 2014). *Tudo o que leio*. Obtido em 03 de 02 de 2015, de <http://leiovejoopino.blogspot.pt/2014/10/mitologia-nordica-e-historia-viking.html>
- Lynch, K. (2012). *A boa forma da cidade*. Lisboa: Edi  es 70.
- Ministério da Saúde, E. N.–G. (2011). *Altera  es climáticas e saúde humana - Estado da Arte*. Lisboa: Ministerio da Saúde.
- Mir, M. (2011). *Green Fa  ades and Building Structures*. Delf: Delft University Of Technology.
- Nascimento, E. (2012). *Impactos ambientais gerados na constru  o de edifícios*.
- Ottelé, M. (2011). *The Green Building Envelope - Vertical Greening*.
- Pinho, R., & Lopes, L. (2007). Actividades práticas em Ciência e Educa  o Ambiental. In R. Pinho, *Capítulo XX - O ensino das ciências e a educa  o para o ambiente em espaços verdes urbanos: um contributo para a sua preserva  o e valoriza  o* (pp. 381- 406). Lisboa: Instituto Piaget Divisão Editorial.
- Santos, F. e. (2002). *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project*. Lisboa: Gradiva.
- Sarnitz, A. (2009). *LOOS*. Taschen.
- Shahl, C. (2008). *Fassadenbegr  nung - Green Wall Systems*.
- Somine, J. (2008). Musee du Quai Branly. *Precedent design study*.
- Souto Cruz, et al. (2012). *Biodiversidade na Cidade de Lisboa: uma estratégia para 2020 | Documento técnico*. Lisboa: 2   edi  o revista e atualizada.
- Souto Cruz, et al. (2012). *Biodiversidade na Cidade de Lisboa: uma estratégia para 2020 | Documento técnico*. Lisboa: 2   edi  o revista e atualizada.

- Stefan. (16 de 05 de 2011). *Homedit* . Obtido em 03 de 02 de 2015, de homedit.com:  
<http://www.homedit.com/beautiful-and-green-icelandic-turf-houses/>
- TERRACELL . (2013). *Jardins Verticais VERTISS*. Lisboa .
- TERRACELL. (janeiro de 2015). OBRA: Jardim Vertical Bessa Hotel Av. da Liberdade. Lisboa .
- United Nations Conference on Sustainable Development. (19 de 01 de 2015).  
SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.
- VegaFlora. (31 de 12 de 2013). *Vega Flora* . Obtido em 05 de 03 de 2015, de  
[www.vegaeflora.com.br](http://www.vegaeflora.com.br):  
<http://vegaefloracultivoindoor.blogspot.pt/2013/12/aeroponia-o-avanco-da-hidroponia.html>
- Velazquez, L. (26 de 09 de 2011). *GPW: Musée du quai Branly*. Obtido em 21 de 08 de 2015, de  
[www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com): <http://www.greenroofs.com/blog/2011/09/26/gpw-musee-du-quai-branly/>
- Vialard, N. (2010). *Jardinons à la verticale*. França: Editions Rustica .
- Vivienne Brophy, J. O. (2011). *A Green Vitruvius: Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*. Reino Unido : Routledge, 2012.